

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-058608

(43)Date of publication of application : 25.02.2000

(51)Int.Cl.

H01L 21/66  
G01R 1/06  
G01R 31/02  
G01R 31/302  
H01J 37/22

(21)Application number : 10-355082

(71)Applicant : SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD

(22)Date of filing : 14.12.1998

(72)Inventor : JUN CHUNG-SAM  
KIN TEIKON  
CHON SANG-MOON  
SAI SOHO

(30)Priority

Priority number : 98 9822213  
98 162267Priority date : 13.06.1998  
29.09.1998

Priority country : KR

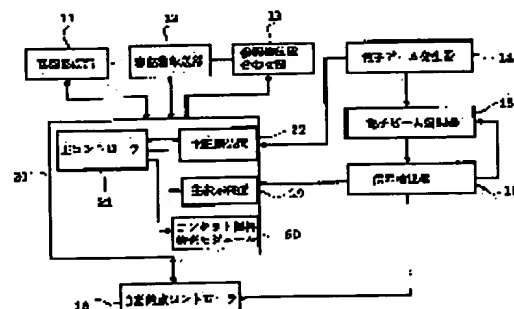
US

## (54) METHOD AND DEVICE FOR INSPECTING DEFECTIVE CONTACT OF SEMICONDUCTOR DEVICE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To inspect a contact accurately regarding a contact image by reading an image data from a scanning electron microscope in a semiconductor wafer, comparing a parameter calculated from the image data regarding a feature with a constant acceptable range and classifying the feature.

**SOLUTION:** An image data from a scanning electron microscope regarding the section of a semiconductor wafer is read by a signal detector 16. The image data is stored in a main storage device 20, and the image data regarding a feature on the wafer in the image data is discriminated in a defective inspection module 60. A parameter related to the feature is calculated, and compared with the constant acceptable range of the parameter. The feature is classified on the basis of comparison with the acceptable range. When the parameter is kept outside the acceptable range, the feature is classified as a defect. Accordingly, a defective contact can be inspected accurately regarding a contact image.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of

rejection]

[Kind of final disposal of application other than  
the examiner's decision of rejection or  
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

(11)特許出願公開番号

特開2000-58608

(P2000-58608A)

-(43)公開日 平成12年2月25日(2000.2.25)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

FI

テーマコード・(参考)

H0 1 L 21/66

H O 1 L 21/66

J

G O I R 1/06

G O I R 1/06

F

31/02

31/02

31/302

H01J 37/22

502H

H01J 37/22

502

G O I R 31/28

**L**

審査請求 未請求 請求項の数1 OL 外国語出願 (全102頁)

(21)出願番号

特願平10-355082

(22) 出題日

平成10年12月14日(1998. 12. 14)

(31)優先権主張番号 98-22213

(32)優先日 平成10年6月13日(1998.6.13)

(33)優先権主張国 韓国 (KR)

(31)優先權主張番号 09/162267

(32)優先日 平成10年9月29日(1998.9.29)

(33)優先権主張国 米国 (US)

(71)出願人 390019839

三星電子株式会社

大韓民國京畿道水原市八達區梅灘洞416

(72)發明者 全 忠森

大韓民国京畿道水原市勤善区勤善洞1255-4番地

(72)發明者 金 定坤

大韓民国京畿道水原市勸善区勸善洞豊林ア  
パート304-1001号

(74)代理人 100093779

弁理士 服部 雅紀

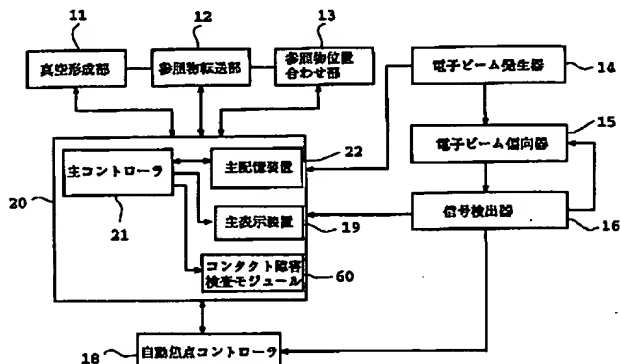
[最終頁に続く](#)

(54)【発明の名称】 半導体デバイスのコンタクト不良検査方法およびその装置

(57) 【要約】

【課題】 半導体デバイスのコンタクト不良検査システム及び方法並びに半導体デバイスの製造方法である。

【解決手段】 走査型電子顕微鏡を使用して検出された電子信号についてのデジタル化された値を用いて、コンタクトを検査し、無開コンタクトホールのような不良を識別することができる。このコンタクト不良検査は、少なくとも1つのコンタクトホールを含む単位面積から検出された電子信号値を正常なコンタクトに対応する電子信号を表す値と比較することによって行われる。



**【特許請求の範囲】**

【請求項 1】 半導体ウェーハの少なくとも一部分を検査する方法であって、

半導体ウェーハの該一部分に関する走査型電子顕微鏡画像データを読み取るステップと、

半導体ウェーハの該一部分に関するデータ中で該半導体ウェーハのフィーチャに関する画像データを識別するステップと、

該フィーチャに関する画像データから該フィーチャと関連するパラメータを計算するステップと、

該パラメータを該パラメータの一定の合格値範囲と比較するステップと、

該パラメータの合格値範囲との比較に基づいて該フィーチャを分類するステップと、

を具備したことを特徴とする半導体デバイスのコンタクト不良検査方法。

【請求項 2】 前記フィーチャが集積回路におけるコンタクトホールであることを特徴とする請求項 1 記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査方法。

【請求項 3】 前記パラメータが該パラメータの前記合格値範囲外にある場合、前記コンタクトホールを開いていないコンタクトホールとして分類することを特徴とする請求項 2 記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査方法。

【請求項 4】 前記パラメータが該パラメータの前記合格値範囲外にある場合、前記フィーチャを不良と分類することを特徴とする請求項 1 記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査方法。

【請求項 5】 前記パラメータが該パラメータの前記合格値範囲内にある場合、前記フィーチャを合格と分類することを特徴とする請求項 1 記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査方法。

【請求項 6】 前記走査型電子顕微鏡画像データが二次電子及び後方散乱電子から生成されることを特徴とする請求項 1 記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査方法。

【請求項 7】 前記パラメータがフィーチャの寸法よりなることを特徴とする請求項 1 記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査方法。

【請求項 8】 前記パラメータが前記フィーチャと関連づけられた走査型電子顕微鏡画像データの画素数よりなることを特徴とする請求項 1 記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査方法。

【請求項 9】 前記パラメータが前記フィーチャと関連づけられた画素の平均輝度よりなることを特徴とする請求項 1 記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査方法。

【請求項 10】 前記フィーチャの画素輝度プロファイルを計算するステップをさらに具備したことを特徴とする請求項 1 記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査

方法。

【請求項 11】 画素輝度プロファイルを計算するステップが前記フィーチャを含む領域内の画素の輝度値から背景輝度値を減じるステップよりなることを特徴とする請求項 10 記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査方法。

【請求項 12】 前記フィーチャの画像データから該フィーチャに関連する第 2 のパラメータを計算するステップと、

該第 2 のパラメータを第 2 のパラメータの合格値範囲と比較するステップと、該第 2 のパラメータの合格値範囲との比較に基づいて該フィーチャを分類するステップと、

をさらに具備したことを特徴とする請求項 1 記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査方法。

【請求項 13】 前記第 2 のパラメータが前記フィーチャの寸法よりなることを特徴とする請求項 12 記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査方法。

【請求項 14】 前記第 2 のパラメータが前記フィーチャと関連づけられた走査型電子顕微鏡画像データの画素数よりなることを特徴とする請求項 12 記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査方法。

【請求項 15】 前記第 2 のパラメータが前記フィーチャと関連づけられた画素の平均輝度よりなることを特徴とする請求項 12 記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査方法。

【請求項 16】 前記第 1 のパラメータが該第 1 のパラメータの合格値範囲内にあり、前記第 2 のパラメータが該第 2 のパラメータの合格値範囲内にある場合に限り、前記フィーチャを合格と分類することを特徴とする請求項 12 記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査方法。

【請求項 17】 座標系を用いて前記フィーチャを特徴づける特徴付けステップをさらに具備し、該特徴付けステップが、

半導体ウェーハの前記一部分の画像の上に座標系を重ねるステップと、

該座標系の第 1 の軸沿いの複数の位置で、該座標系の第 2 の軸沿いに配列された画素の輝度値を分析する分析ステップと、よりなることを特徴とする請求項 1 記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査方法。

【請求項 18】 前記分析ステップが前記第 2 の軸沿いに配列された画素の輝度値を合計するステップよりなることを特徴とする請求項 17 記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査方法。

【請求項 19】 前記分析ステップが、前記第 1 の軸沿いの複数の位置についての合計輝度値の変化を検出して前記フィーチャを検出するステップをさらに具備することを特徴とする請求項 18 記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査方法。

【請求項20】 前記分析ステップが前記第2の軸沿いに配列された画素の輝度値を平均するステップよりなることを特徴とする請求項17記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査方法。

【請求項21】 前記分析ステップが、前記第1の軸沿いの複数の位置についての平均輝度値の変化を検出して前記フィーチャを検出するステップをさらに具備することを特徴とする請求項20記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査方法。

【請求項22】 前記特徴付けステップが前記フィーチャのサイズを求めるステップよりなることを特徴とする請求項17記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査方法。

【請求項23】 前記特徴付けステップが前記フィーチャの位置を求めるステップよりなることを特徴とする請求項17記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査方法。

【請求項24】 前記特徴付けステップが複数の前記フィーチャのパターンを識別するステップよりなることを特徴とする請求項17記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査方法。

【請求項25】 前記パターンが周期パターンであることを特徴とする請求項24記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査方法。

【請求項26】 前記座標系が直角座標系であることを特徴とする請求項17記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査方法。

【請求項27】 前記座標系が三角座標系であることを特徴とする請求項17記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査方法。

【請求項28】 前記座標系が台形座標系であることを特徴とする請求項17記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査方法。

【請求項29】 前記走査型電子顕微鏡画像データがデジタル化された画素のグレースケール値の形を有することを特徴とする請求項1記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査方法。

【請求項30】 前記走査型電子顕微鏡画像データがデジタル化されたカラーコードの画素値の形を有することを特徴とする請求項1記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査方法。

【請求項31】 半導体ウェーハの少なくとも一部分を検査するための装置であって、半導体ウェーハの該一部分に関する走査型電子顕微鏡画像データを読み取る手段と、半導体ウェーハの該一部分に関するデータ中で該半導体ウェーハのフィーチャに関する画像データを識別する手段と、該フィーチャに関する画像データから該フィーチャと関連するパラメータを計算する手段と、

該パラメータを該パラメータの一定の合格値範囲と比較する手段と、

該パラメータの合格値範囲との比較に基づいて該フィーチャを分類する手段と、を具備した装置。

【請求項32】 前記フィーチャが集積回路におけるコンタクトホールであることを特徴とする請求項31記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査装置。

【請求項33】 前記パラメータが該パラメータの前記合格値範囲外にある場合、前記コンタクトホールを開いていないコンタクトホールとして分類することを特徴とする請求項32記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査装置。

【請求項34】 前記パラメータが該パラメータの前記合格値範囲外にある場合、前記フィーチャを不良と分類することを特徴とする請求項31記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査装置。

【請求項35】 前記パラメータが該パラメータの前記合格値範囲内にある場合、前記フィーチャを合格と分類することを特徴とする請求項31記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査装置。

【請求項36】 前記走査型電子顕微鏡画像データが二次電子及び後方散乱電子から生成されることを特徴とする請求項31記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査装置。

【請求項37】 前記パラメータがフィーチャの寸法よりなることを特徴とする請求項31記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査装置。

【請求項38】 前記パラメータが前記フィーチャと関連づけられた走査型電子顕微鏡画像データの画素数よりなることを特徴とする請求項31記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査装置。

【請求項39】 前記パラメータが前記フィーチャと関連づけられた画素の平均輝度よりなることを特徴とする請求項31記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査装置。

【請求項40】 前記フィーチャの画素輝度プロファイルを計算する手段をさらに具備したことを特徴とする請求項31記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査装置。

【請求項41】 画素輝度プロファイルを計算する手段が前記フィーチャを含む領域内の画素の輝度値から背景輝度値を減じる手段よりなることを特徴とする請求項40記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査装置。

【請求項42】 前記フィーチャの画像データから該フィーチャに関連する第2のパラメータを計算する手段と、

該第2のパラメータを第2のパラメータの合格値範囲と比較する手段と、

該第2のパラメータの合格値範囲との比較に基づいて該フィーチャを分類する手段と、をさらに具備したことを

特徴とする請求項 3 1 記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査装置。

【請求項 4 3】 前記第 2 のパラメータが前記フィーチャの寸法よりなることを特徴とする請求項 4 2 記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査装置。

【請求項 4 4】 前記第 2 のパラメータが前記フィーチャと関連づけられた SEM 画像データの画素数よりなることを特徴とする請求項 4 2 記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査装置。

【請求項 4 5】 前記第 2 のパラメータが前記フィーチャと関連づけられた画素の平均輝度よりなることを特徴とする請求項 4 2 記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査装置。

【請求項 4 6】 前記第 1 のパラメータが該第 1 のパラメータの合格値範囲内にあり、前記第 2 のパラメータが該第 2 のパラメータの合格値範囲内にある場合に限り、前記フィーチャを合格と分類することを特徴とする請求項 4 2 記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査装置。

【請求項 4 7】 座標系を用いて前記フィーチャを特徴づける特徴付け手段をさらに具備し、該特徴付け手段が、半導体ウェーハの前記一部分の画像の上に座標系を重ねる手段と、該座標系の第 1 の軸沿いの複数の位置で、該座標系の第 2 の軸沿いに配列された画素の輝度値を分析する分析手段と、よりなることを特徴とする請求項 3 1 記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査装置。

【請求項 4 8】 前記分析手段が前記第 2 の軸沿いに配列された画素の輝度値を合計する手段よりなることを特徴とする請求項 4 7 記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査装置。

【請求項 4 9】 前記分析手段が、前記第 1 の軸沿いの複数の位置についての合計輝度値の変化を検出して前記フィーチャを検出する手段をさらに具備することを特徴とする請求項 4 8 記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査装置。

【請求項 5 0】 前記分析手段が前記第 2 の軸沿いに配列された画素の輝度値を平均する手段よりなることを特徴とする請求項 4 7 記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査装置。

【請求項 5 1】 前記分析手段が、前記第 1 の軸沿いの複数の位置についての平均輝度値の変化を検出して前記フィーチャを検出する手段をさらに具備することを特徴とする請求項 5 0 記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査装置。

【請求項 5 2】 前記特徴付け手段が前記フィーチャのサイズを求める手段よりなることを特徴とする請求項 4 7 記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査装置。

【請求項 5 3】 前記特徴付け手段が前記フィーチャの位置を求める手段よりなることを特徴とする請求項 4 7 記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査装置。

【請求項 5 4】 前記特徴付け手段が複数の前記フィーチャのパターンを識別する手段よりなることを特徴とする請求項 4 7 記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査装置。

【請求項 5 5】 前記パターンが周期パターンであることを特徴とする請求項 5 4 記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査装置。

【請求項 5 6】 前記座標系が直角座標系であることを特徴とする請求項 4 7 記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査装置。

【請求項 5 7】 前記座標系が三角座標系であることを特徴とする請求項 4 7 記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査装置。

【請求項 5 8】 前記座標系が台形座標系であることを特徴とする請求項 4 7 記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査装置。

【請求項 5 9】 前記走査型電子顕微鏡画像データがデジタル化された画素のグレースケール値の形を有することを特徴とする請求項 3 1 記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査装置。

【請求項 6 0】 前記 SEM 画像データがデジタル化されたカラーコードの画素値の形を有することを特徴とする請求項 3 1 記載の半導体デバイスのコンタクト不良検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、半導体デバイスの検査技術の分野に関するものである。より詳しくは、本発明は走査型電子顕微鏡を用いて開いていないコンタクトホールのようなコンタクト不良を検出する技術に関する。

【0002】

【従来の技術】 集積回路は、まずシリコンウェーハ中に離散状の半導体デバイスを形成することにより製造される。次に、デバイス中にその能動素子と接触すると共に、これらを互いに接続して所望の回路を作り出す多層の金属配線網が形成される。これらの相互配線層は、離散状のデバイス上に絶縁層を蒸着などにより被着し、その絶縁層中にコンタクト開口部をパターニング及びエッチングして設けた後、それらの開口部に導体層を被着することによって形成される。その後、通常は、絶縁層上に導電層が塗工される。次に、導電層をパターニング及びエッチングしてデバイスのコンタクト間に相互配線を形成することにより第 1 層の回路が形成される。これらの絶縁層の被着、コンタクトホールあるいはバイアホールの形成、導体層の形成、及びパターニング等の工程を繰り返し行うことによって多層構造回路が形成される。

【0003】集積回路全体の複雑性如何によって、必要な相互配線を形成し、かつこれらの相互配線を完成した回路との外部接続を可能にするコンタクトパッドに接続するためには、いくつかの金属層、例えば2～4層の金属層が通常必要である。サブミクロンの寸法単位に合わせて設計された集積回路は、集積密度が高いため、設計パターンの寸法的、構造的完全性を確保するためには、非常に正確な寸法管理と、コンタクトホール及び／または相互配線のパターンを検査するための非常に高感度の検査方法が要求される。これらの要求は、現在0.25～0.30ミクロンの線幅が通常必要になる64メガDRAMあるいは256メガDRAMのような半導体メモリデバイスの大量生産の場合のように、回路が高密度化され、小型化されるに従っていっそう厳格になって来ている。

【0004】コンタクトホールのアスペクト比(A/R)、すなわちその深さと直径との比が半導体デバイスの高集積密度に対する要求と共に大きくなってきたため、開いていない、すなわち不開状態のようないくつかの状態の有無に関するコンタクトホールの検査はますます重要になってきている。しかしながら、488ナノメートルの周波数の可視光を使用する標準的な光学式顕微鏡法は、200ナノメートル以下のオーダーになることもあるコンタクトホールの内部フィーチャ(feature)を検査することができるだけの十分高い解像度を持たないため、コンタクトホールの内部フィーチャを検査するには技術的に限界がある。また、光学式顕微鏡法は1マイクロメートル以下の大きさのビームスポットを得ることができない。

#### 【0005】

【発明が解決しようとする課題】従って、本発明の目的は、肉眼や顕微鏡によってではなく、デジタル化された値によってコンタクト画像についての正確なコンタクト不良検査を行うことが可能な、従来の関連技術の限界や短所に由来する少なくとも1つの問題を実質的に解消した半導体デバイスのコンタクト不良検査方法及び装置を提供することにある。

【0006】本発明のもう一つの目的は、高いアスペクト比を有する、すなわちコンタクトホールの深さとその直径との比が大きいコンタクトについて、コンタクト不良の有無を検出するための半導体デバイスのコンタクト不良検査方法及びコンタクト不良検査システムを提供することにある。

【0007】本発明のさらにもう一つの目的は、大量生産環境に応用されるように短時間でウェーハ表面上のコンタクト不良を検出するための半導体デバイスのコンタクト不良検査方法及びコンタクト不良検査システムを提供することにある。

【0008】本発明のもう一つの目的は、コンタクト不良検査方法及びコンタクト不良検査システムを使用した

半導体デバイスの製造方法を提供することにある。

【0009】本発明のもう一つの目的は、半導体デバイスの生産歩留まりを改善するために、コンタクト不良の位置を迅速に検出するためのコンタクト不良検査方法及びシステムを提供することにある。

【0010】本発明のもう一つ目的は、半導体デバイスのパターン欠陥及びフォトリソグラフィプロセス中の現像処理後のフォトレジストパターン欠陥の有無を検知するための検査方法及び検査システムを提供することにある。

#### 【0011】

【課題を解決するための手段】上記及びその他の目的を達成するためになされた本発明は、半導体ウェーハの少なくとも一部分を検査するための方法及び装置にある。本発明においては、このような半導体ウェーハの部分についての走査型電子顕微鏡(SEM)画像データが読み取られる。そのSEM画像データ中で、ウェーハ上のフィーチャに関する画像データが識別される。そのフィーチャに関連するパラメータが計算され、そのパラメータの一定の合格値範囲と比較される。このパラメータと合格値範囲との比較に基づいて、フィーチャを分類することができる。

【0012】一実施形態においては、計算されるパラメータはフィーチャの寸法あるいはサイズである。例えば、フィーチャが集積回路のコンタクトホールの場合、パラメータは画像データの画素数で測定したコンタクトホールの直径であってもよい。例えば、ある特定のコンタクトホールは20画素の幅を持つという測定結果が得られるかもしれない。もう一つの実施形態においては、パラメータはフィーチャ内にある画素についての平均画素輝度であってもよい。この場合も、例えば、フィーチャがコンタクトホールであれば、パラメータはコンタクトホールと関連づけられた画素についての画素輝度の平均値とすることができる。測定されたパラメータがそのパラメータの合格値範囲内にある場合、そのフィーチャは合格と分類することができる。パラメータがそのパラメータについての合格値範囲外ならば、そのフィーチャは不良と分類することができる。例えば、フィーチャがコンタクトホールの場合、そのコンタクトホールは、例えば、それが開いていないために不良であると判定することができる。

【0013】本発明の一実施形態においては、フィーチャに関して2つのパラメータが計算される。2つの中の第1のパラメータは、例えば、コンタクトホールのようなフィーチャと関連づけられた画素単位で測定したそのフィーチャの寸法であってもよい。第2のパラメータは、例えばフィーチャと関連づけられた画素についての画素輝度の平均値とすることができる。これらの両パラメータは、これらのパラメータの所定の合格値範囲と比較される。一実施形態においては、両方のパラメータが

同時にそれぞれの合格値範囲内にある場合、そのフィーチャ、例えば、コンタクトホールを合格として分類することができる。例えば、このような状況下にあるコンタクトホールは、開いており、適正な寸法及び形状を有するものとして分類することができる。これらのパラメータとそれぞれの合格値範囲の関係をを用いて、フィーチャをいくつかの種類またはの部類の1つに属する形に分類することができる。例えば、これらの各パラメータを用いて、パラメータがその値の許容範囲の下限より小さいか、範囲内かあるいは上限より大きいかに基づいてフィーチャを分類することができる。

【0014】一実施形態においては、SEM画像データは走査型電子顕微鏡の二次電子及び高エネルギー後方散乱電子の両方から生成される。データ値はデジタル化され、画素のデジタル化グレースケールレベルの形とすることもできれば、画素のカラーコード値の形とすることもできる。

【0015】本発明の一実施形態においては、格子またはメッシュ構造を用いて、検査対象のフィーチャの位置及び/またはサイズを測定する等により、フィーチャが特徴づけられる。この格子またはメッシュ構造は、通常、分析対象のウェーハの一部分の画像に重ねられる一対の互いに直行する軸を有する。あるいは、これらのメッシュ軸は、例えば、三角形あるいは台形等、適切なものであれば他の如何なる幾何学的関係をなすものであってもよい。一実施形態の場合、このメッシュ位置法では、一方の直交軸沿いの画素位置に順次配置された他方の直交軸と平行な直線沿いの画素値を分析することによってフィーチャの位置、形状及び/または周期パターンが決定される。例えば、メッシュ位置法は複数の横または水平（以下水平とする）画素位置にある縦または垂直（以下垂直とする）線の位置を決めるステップと、各水平位置で垂直方向の画素輝度値を加算するステップを含む。その合計輝度値を各水平位置で比較して、輝度の増加を検知すれば、その輝度値の増加を用いてコンタクトホールのようなフィーチャの存在を指示することができる。このプロセスを一次元に沿った複数の画素位置について繰り返せばよい。これを上記次元と直行する次元で繰り返すことによって、全てのフィーチャのパターン、形状及びサイズを決定することができる。

【0016】この手法は分析対象のフィーチャを入れるサブグリッドあるいはメッシュユニットの最適サイズを決定するためにも使用することができる。例えば、このメッシュ法を用いて、一時に分析しようとするコンタクトホールを100ホール入れるメッシュユニットの画素数単位の最適サイズを選択することができる。この手法は、検査しようとする各領域の面積を最適化することによって不必要な処理を省くことができるという点で、フィーチャを検査するための本発明における処理をより効率的なものにする。

【0017】一実施形態においては、SEM画素データを使って、検査対象の各フィーチャ、すなわちコンタクトホールの輝度プロファイルが計算される。一実施形態では、輝度プロファイルはまず、一方の直交軸に沿って配置された複数の各画素位置における他方の直交軸に沿ってフィーチャの画素輝度値を合計することによって生成される。例えば、各水平画素位置毎に、垂直方向の画素輝度値が合計され、平均され、水平軸方向の画素位置に沿ってプロットされる。そして、本発明によれば、この画素輝度プロファイルを用いてフィーチャを分類することができる。

【0018】一実施形態においては、全てのフィーチャについて輝度プロファイルを正規化するために、各メッシュユニットの全ての輝度値から背景輝度値が減じられる。これは、各輝度プロファイルの背景輝度値をゼロに下げる効果を有する。次に、正規化されたプロファイルに、スレッシュホールド（threshold）をそれより大きい画素輝度が検査対象のフィーチャと関連づけられたものと推定されるようにして設定することができる。次いで、このプロファイルから上に述べた第1及び第2のパラメータを計算することができる。例えば、フィーチャの寸法は、第1の次元に沿って、これと直交する次元の合計輝度値がスレッシュホールドを超える画素位置の数をカウントすることによって計算することができる。スレッシュホールドを超える合計画素輝度値は検査対象のフィーチャと関連づけられたものと仮定されているので、スレッシュホールドを超える合計輝度値を有する画素位置の数は、画素数で測定されたフィーチャの寸法の測定値を与える。第2のパラメータは、スレッシュホールドを超える輝度値の平均を計算することによって得ることができる。これら2つのパラメータは、それぞれ所定の各合格値範囲と比較して、各特定のフィーチャを所定分類の1つのフィーチャ種類に属するものとして分類することができる。

【0019】本発明のこの検査方法及びシステムでは、従来技術に比して多くの長所が得られる。例えば、一部の従来技術の手法では、コンタクト不良を検出するのに光学式顕微鏡あるいは肉眼検査のような光学的方法が用いられる。これらのシステムでは、欠陥回路とされるようなフィーチャの小さいでこぼこや変則部を見分けるだけの十分な分解精度が得られない。本発明と関連して使用される走査型電子顕微鏡は、より小さい変則部を検出することができるようなはるかに優れた分解精度が得られる。従って、本発明は、サイズがサブミクロン域の現在の回路フィーチャに適用することができる。また、本発明は、そのメッシュ法の故に、画素データ処理が非常に効率的である。これらの処理及び不良識別は、本発明の検査方法及びシステムをウェーハ及び集積回路の大量生産環境に高度に応用できるように、非常に効率的かつ高速で行うことができる。

【0020】本発明は、その別の態様として、表面上に



複数のコンタクトホールが形成されたウェーハを装着した処理カセットをセットするステップと、カセットから特定のウェーハを選び出して、SEMの参照チャンバ内の載物台に装着するステップと、該装着したウェーハを電子ビーム走査に備えて位置合わせするステップと、該ウェーハを装着した載物台をSEMの電子ビームの入射方向と関連した特定の位置に移動するステップと、シャッターを開いて電子ビームをウェーハの特定の位置へ走査するステップと、該ウェーハ上に形成されたあらかじめパターンニングされた基準画像を認識することによって、検査位置を検出するための自動アドレッシングステップと、SEMの電子ビームを該検査位置で走査するステップと、該電子ビーム走査を繰り返すことによっていっそう明瞭な画像を得るための自動焦点調節ステップと、該自動焦点調節されたウェーハを電子ビームから遮断するためにシャッターを閉じるステップと、電子ビーム走査後少なくとも1つのコンタクトホールを含む装置表面積から検出された電子信号値を正常なコンタクトを定義する電子信号値と比較することによってコンタクト不良を検査するステップと、載物台を他の位置に移動させ、上記と同じステップを繰り返すことによって該ウェーハの他の位置でさらにコンタクト不良を検査するステップと、検査済みのウェーハを降ろし、他のウェーハを参照チャンバに装入して、上記と同じステップを繰り返すことによりカセット中の全てのウェーハについてさらにコンタクト不良を検査するステップと、よりなる半導体デバイスのコンタクト不良検査方法にある。

【0021】本発明は、もう一つの態様として、半導体基板上に形成された特定の絶縁体層用のコンタクトホールを形成するステップと、少なくとも1つのコンタクトホールを含む該表面から検出された電子信号値を正常なコンタクトに対応する電子信号値と比較することによって各コンタクトホールのコンタクトを検査するステップと、該検査後にコンタクトホールに導体層を充填した後の半導体デバイス製造プロセスに備えてその後の処理を実行するステップと、よりなる半導体デバイスの製造方法にある。

【0022】上記コンタクト不良検査ステップは、半導体基板上の特定サンプリング位置について実行することにより、例えば、大量生産ラインに応用するにができる。フォトリソパターン形成のための現像処理を終了後、このコンタクト不良検査ステップはさらにそのコンタクトホール形成用のフォトリソパターンの下面について行うこともできる。

【0023】さらにもう一つの態様によれば、本発明は、半導体基板上に形成された絶縁体層用のコンタクトホールを形成するために、フォトリソ・コンタクトホールパターンを形成するステップと、少なくとも1つのコンタクトホールパターンを含む単位面積から検出された電子信号値を正常なコンタクトパターンに対応する

電子信号値と比較することによって、各コンタクトホールのコンタクトを検査するステップと、を具備した半導体デバイスの製造方法にある。

【0024】

【発明の実施の形態】図1は、本発明により半導体デバイスのコンタクトホールを検査するために使用することができる走査型電子顕微鏡システム100の概略ブロック図を示したものである。

【0025】図1において、電子銃102はコンデンサレンズ104を通して電子ビームを投射する。電子ビームは、偏向コイル122、対物レンズ108及びシャッター124の絞り106を通過する。合焦された電子ビームは、参照面あるいは被検面110上に走査裡に投射されるが、この面は、例えば検査される半導体ウェーハの表面である。参照面から放出された二次電子及び後方散乱電子は信号検出器112で検出され、この信号検出器は受け取った電子を示す信号を発生する。この検出電子信号は信号増幅器114で増幅される。その増幅された信号は、参照面の可視像が形成されるように、ブラウン管(CRT)118内の螢光面上で走査することができる。

【0026】CRT118の走査は、偏向コイル122によって制御される参照面の走査と関連づけられた偏向コイル116によって制御される。SEMにおいては、参照物の走査面は微細な画素に分割され、各画素素子によって検出された電子信号は、SEM画像を形成するように時系列転送される。このために、信号増幅器114を通る電子信号は、電子ビームの偏向角が第2の偏向コイル122で制御されるように走査回路120に転送される。

【0027】さらに、各画素毎の増幅された電子信号データは、種々の信号調節及び処理機能を遂行することができる処理装置115に転送することが可能である。処理装置115は、各画素についての電子信号を画像を生成するために用いられる離散グレースケール値あるいはカラーコード値に変換することができる。グレースケール値は、0と255の間の2進値によりデジタルコード化された256の可能なレベル中の1つのレベルを取ることができる。メモリは、各画素についてのグレースケール値を記憶するために使用することができる。処理装置の一部としてのコンピュータは、画像値を所望の通りに処理することができる。一例の構成においては、コンピュータは、グレースケールデータを分析して、本願中に詳細に説明するように本発明のコンタクト検査を行うようプログラムすることができる。

【0028】図3は、コンタクト検査を「インライン」で行うことができるインラインSEMシステムの特徴を示した概略ブロック図である。従来のプロセスにおいては、SEM画像データはオフラインで、すなわち製造プロセスとは別に収集され、分析される。本発明のインラ

イン手法では効率が大幅に改善されるため、SEM画像データは製造プロセスの間に収集して、分析することができる。そのために、従来の手法で用いられた余分の検査ステップを省くことができる。インラインSEMシステムは、電子光学的部分、参照部、真空部及び電気的部分を有する。電子光学的部分は、電子ビーム発生器14、電子ビーム偏向器15及び信号検出器16を有する。参照部は、カセットから参照チャンバへ参照物、すなわちウェーハを移送するための参照物移送部12、及び参照物位置合わせ部13を有する。真空部は、参照チャンバ内に真空を保つための真空形成部11を有する。電気的部分は、電子光学的部分、参照チャンバ、真空部及びシステムの他の構成部分を制御するための主コントローラ21を有する主コンピュータ10を含む。また、電気的部分は、信号検出器16からの検出信号のデータ値を記憶することができる主記憶装置またはメモリ22、及び検出電子信号から生成された画像を表示するための主表示装置19を含む。自動焦点コントローラ18は、明瞭な画像を得るための自動焦点調節機能を遂行する。

【0029】典型的な走査型電子顕微鏡においては、電子ビームは参照面に照射され、参照面からは二次電子が発生し、放出される。電子ビームの電子も参照面から散乱され得る。図2は、電子ビームにより照射された時、参照面から放出され、散乱される電子のエネルギースペクトルを示したものである。図2に示すように、最大数の二次電子(SE)は50電子ボルト以下の電子エネルギーバンドに見られる。後方散乱電子(BSE)の大部分は、はるかに高いエネルギーバンドに見られる。広く利用されているインラインSEMは、表面及びエッジの画像が明瞭になるように、約20電子ボルトの低いエネルギーバンドで発生する二次電子を使用する。しかしながら、コンタクトホールのようなアスペクト比が高い、すなわち深さと直径の比が大きいフィーチャを検査する場合は、コンタクトホール内で発生した二次電子が、コンタクトホールを通過する間に消散して、コンタクトホールの画像が明瞭でなくなる場合がある。これらのフィーチャは通常肉眼で光学的に検査されるので、明瞭な画像はコンタクト不良検出にとって不可欠である。

【0030】図4～7は、本発明による半導体デバイス用のコンタクト不良検査システムの種々の実施形態の概略ブロック図を示したものである。図4のシステムは、図3に示すインラインSEMと同じ構成要素をいくつかを有する。しかしながら、図4のシステムは、主コンピュータ20中にコンタクト不良検査モジュール60を具備する。上に述べたように、インラインSEMの構成には、電子ビーム発生器14、電子ビーム偏向器15及び信号検出器16を含む電子光学的部分が含まれる。信号検出器は、好ましくは電子ビームによる参照物の照射後に放出される二次電子(SE)と後方散乱電子(BSE)の両方を検出することができる検出器を使用する。

また、図示のシステムは、検査される参照物のウェーハを載置する載物台をそれをX、Y及びZ軸に沿って移動させつつ回転あるいは傾斜させるための参照物位置合わせ部13を含む基準チャンバも有する。真空形成部11は、参照チャンバの真空状態を所望のレベルに保つ。参照物移送部12は、参照物を参照チャンバに移送する。電気的部分は電子光学的部分、参照チャンバ、真空形成部11及び他のサブシステムを制御するための主コントローラ21を有する主コンピュータ20を含む。主記憶装置またはメモリ22は、信号検出器16からの検出信号を記憶する。主表示装置19は、検出電子信号から導出される画像を表示する。自動焦点コントローラ18は、明瞭な画像表示を確保するための自動焦点調節動作を行う。この実施形態には、信号検出器16から転送され主コンピュータ20に記憶された電子信号に含まれる情報を本発明に基づき分析してコンタクト不良を検査するための不良検査モジュール60も含まれる。

【0031】図5は、本発明による半導体デバイスのコンタクト不良検査システムのもう一つの実施形態を示したものである。図5のシステムも、図3のインラインSEMと同じ構成要素をいくつか有する。他にコンタクト不良検査モジュール60及びコンタクトの短寸法あるいは臨界寸法(CD)測定モジュール70を有する点が図3のシステムと一部異なっており、これらは主コンピュータ20内に設けることができる。短寸法は検査対象の特定フィーチャの寸法である。例えば、丸いコンタクトホールの場合、短寸法は穴の直径のこともある。一実施形態においては、コンタクトの短寸法(CD)測定モジュール70は、SEMにより生成されたコンタクト画像から得られるコンタクト直径をあらかじめ記憶された基準値と比較することによって測定を行う。

【0032】図6は、本発明による半導体デバイス用のコンタクト不良インライン検査システムのさらにもう一つの実施形態を示したものである。図6のシステムも、図3のインラインSEMと同じコンポーネントをいくつか有する。主コンピュータ10及び内蔵のコンタクト不良検査モジュール60とインタフェース接続されたサブコンピュータ80を具備することができるという点が図3のシステムと一部異なっている。サブコンピュータ80としては、標準的な市販のパーソナルコンピュータを使用することができ、補助表示装置及び補助記憶装置あるいはメモリを具備してもよい。コンタクト不良の有無は、主記憶装置22に記憶することができるコンタクト電子信号よりデータを分析するサブコンピュータ80内のコンタクト不良検査モジュール60によって検出することができる。

【0033】図7は、本発明による半導体デバイス用のコンタクト不良検査システムのもう一つの実施形態を示したものである。図7のシステムは、図6のインライン

SEMと同じ構成要素をいくつか含み、主コンピュータ40とインタフェース接続されたサブコンピュータ80を有する。また、サブコンピュータ80内にコンタクト不良検査モジュール60を有すると共に、主コンピュータ40内にコンタクトCD測定モジュール70を有する。

【0034】図8～10は、本発明によるコンタクト不良検査モジュール60の種々の実施形態を示す概略機能ブロック図である。図8において、コンタクト不良検査モジュール60には、電子ビームによって照射されている間にウェーハから受け取った電子を示すSEM信号を受け取るSEM信号読取りモジュール60aを設けることができる。コンタクト位置認識モジュール60dは、SEM信号を分析してコンタクトホール及び／または検査しようとする他のフィーチャの位置を決定する。コンタクトプロファイル計算・背景除去モジュール60eは、SEM信号データを用いてコンタクトホールについての輝度プロファイルを生成する。この輝度プロファイルは、通常、輝度プロファイル形状を背景効果と無関係に調べることができるように、背景輝度効果により生じるデータを除去することによって正規化される。コンタクト不良検査モジュール60fは、コンタクトホールについての輝度プロファイルを分析して、コンタクト不良を識別ないしは特定する。一実施例においては、以下に詳細に説明するように、コンタクトについての平均輝度値が所定のスレッシュホールドと比較されて、不良が識別される。結果表示モジュール60gは、不良分析の結果を表示することができる。

【0035】一実施例においては、SEM信号読取りモジュール60aは主コンピュータ20の主記憶装置あるいはメモリ22に記憶されているコンタクトについてのデジタル化された電子信号情報を読み込む。インラインSEMは、電子ビームの走査によって検出された電子信号の輝度をデジタル化し、それらの輝度をグレースケールまたはカラーコードレベルとして記憶する。一例のシステムでは、各画素に割り当てられるグレースケール値は、0から255までの範囲内で可能な256の値の中の1つである。最高輝度は255と定義され、最低輝度は0と定義される。デジタル化された輝度値は、各画素の素子によってカラーコード化、すなわちグレースケール化される。各画素についてのグレースケール値を時系列で読み取り、画素の画像をブラウン管、モニター及び／またはプリンタで表示することによって、コンタクト画像が生成される。グレースケールは色に変換してカラー表示することができる。

【0036】図9において、図示のコンタクト不良検査モジュールの実施形態は、図8の実施形態を修正したものである。図9では、コンタクトプロファイル計算モジュール60e(1)と背景値除去モジュール60e(2)は別個のモジュールとして設けられ、この点が図

8に示す一つにまとめられたモジュール60eと異なる。

【0037】図10は、本発明によるコンタクト不良検査モジュール60のもう一つの実施形態を示す概略機能ブロック図である。図10においては、コンタクト不良検査モジュール60は、グラフィックファイル転送ネットワークモジュール60b、グラフィックファイルSEM信号変換モジュール60c、コンタクト位置認識モジュール60d、複合型のコンタクトプロファイル計算・背景値除去モジュール60e、コンタクト不良検査モジュール60f及び結果表示モジュール60gを具備する。

【0038】図6及び7を参照して、グラフィックファイル転送ネットワークモジュール60bは、主コンピュータ10、40とサブコンピュータ80との間における1つの信号転送手段である。モジュール60bは主コンピュータ10、40の主記憶装置22に記憶されたコンタクトについてのデジタル化電子信号の情報をグラフィックファイルに変換し、サブコンピュータ80へ転送する。

【0039】グラフィックファイルSEM信号変換モジュール60cは、サブコンピュータの80に転送されたグラフィックファイルのカラーコード、すなわちグレースケールを読み込み、デジタル化されたSEM信号に変換する。コンタクト位置認識モジュール60d、コンタクトプロファイル計算・背景値除去モジュール60e、コンタクト不良検査モジュール60f及び結果表示モジュール60gは、上に図8及び9を参照して説明した通りである。

【0040】図11～14は、本発明のコンタクト不良検査システムによる半導体デバイスのコンタクト不良インライン検査処理の種々の実施形態を示すフローチャートである。図11において、図4のコンタクト不良検査モジュール60は、主コンピュータ40に取り付けられたインラインSEMを使用することによって、複数のコンタクトホールを有するウェーハに対してコンタクト不良検査を行う。まず、インラインSEMの所定位置に複数のコンタクトホールを有するウェーハが装着されたカセットがセットされる(S10)。次に、検査しようとするウェーハがカセットから取り出され、SEMの参照チャンパ内の載物台に装着される(S12)。次に、ウェーハの平坦面が位置合わせされる。次いで、装着されたウェーハが電子ビーム走査(S14)に備えて位置合わせされた後、ウェーハが載置された載物台はSEM電子ビームの入射方向に合った一定の位置へ移動される(S16)。

【0041】対物レンズの下方に置かれたシャッターがウェーハの一定の位置に電子ビームを照射するように開かれ、自動アドレッシングが行われる(S20)。この自動アドレッシングでは、あらかじめバターニングされ

た基準画像をその基準画像に関して検査を行うことができるように一定の位置に投影することによって、その位置が認識される。

【0042】次に、検査しようとする位置にSEMからの電子ビームが照射され（S22）、その電子ビーム走査が明瞭なコンタクト画像が得られるよう自動焦点調節部によって繰り返し行われる（S24）。その後、ウェーハの電子ビーム走査を終了するためにシャッターが閉じられる（S26）。

【0043】次に、本発明に基づき電子ビーム走査で検出された各コンタクトについての電子信号の輝度プロフィールが検査される（S28）。その後、コンタクト不良検査をウェーハの他の位置で行うべきかどうかの判断が行われる（S30）。他の位置でもコンタクト不良検査を行う必要があれば、プログラムはステップS16へ戻り、載物台がウェーハの他の位置へ移動されて、上記のステップが繰り返される。コンタクト不良検査が終了したならば、ウェーハは載物台から取り出される（S32）。次いで、他に検査すべきウェーハがあるかどうかの判断が行われる（S34）。他に検査すべきウェーハがあれば、カセットの別のウェーハが参照チャンバに装入されて、上記のステップが繰り返されることにより、カセット中の全てのウェーハについてコンタクト不良検査が実行される。検査が全てのウェーハについて終了したならば、カセットが取り出され（S36）、これによってプロセスが終了する。

【0044】図12の実施形態においては、複数のコンタクトホールを有するウェーハのコンタクト不良検査方法が、コンタクト不良検査モジュール60とコンタクトCD測定部分70が一つにまとめて設けられた主コンピュータ30を有する図5のインラインSEMを用いて示されている。コンタクト不良検査は、図11で説明したようにして行われるが、この場合は図11の実施形態とは異なり、コンタクト不良検査を行わない時（S28）、シャッターは閉じられ（S26）、コンタクト不良検査結果について判断が行われ（S27）、コンタクトCD測定が行われる（S29）。

【0045】図13は、ウェーハがコンタクト不良検査モジュール60が、主コンピュータ10ではなくサブコンピュータ80に設けられた図6のインラインSEMを用いることによって、複数のコンタクトホールを有するコンタクト不良についてのインライン検査方法を示したものである。図13に示すように、シャッターが閉じられた後（S26）、主コンピュータの主記憶装置に記憶されたSEM信号はサブコンピュータに転送されて、ウェーハの他の位置についてのコンタクト不良検査が必要かどうか判断される（S31）。サブコンピュータは、コンタクト不良検査（S37）を行うために、その転送された信号を受け取る。

【0046】図14の実施形態においては、コンタクト

不良検査モジュールが図6に示す主コンピュータではなく、サブコンピュータに設けられている場合に、サブコンピュータと主コンピュータ60は相互に命令をやり取りする。図11に示すのと同じステップによって、シャッターは閉じられ（S26）、主コンピュータの主記憶部に記憶されたSEM信号のサブコンピュータへの転送に関して判断が行われ（S31-1）、サブコンピュータによってコンタクト不良検査が行われる（S31-2）。そして、ウェーハの他の位置でコンタクト検査を行う必要があるかどうかの判断が行われる（S31-3、S31-4）。

【0047】図15は、本発明のコンタクト不良検査法に基づき検査されるウェーハ110の領域に番号と陰影を付けて示したものである（#2～#37）。「AP」で指示された1つの領域は、位置合わせポイントを示し、「#1」はチップによらない焦点調節位置を示す。

【0048】図15の付番された各陰影領域中には、いくつかのサンプリング位置を設定することができる。例えば、図15のチップあるいは領域#2について、図16には5つのサンプリング位置、すなわち左上（2，1）、右上（2，2）、右下（2，3）、左下（2，4）及び中心（2，5）が示されている。これらのサンプリング位置あるいはサンプリング数はサンプリングされる1つのチップ単位内で種々の仕方で選択することができる。本発明のこの実施形態においては、各チップで5つのサンプリング位置を検査するようにして、35のチップあるいはサンプリング領域から175の位置がサンプリングされる。インラインSEMの12.5kの倍率を使用する一実施例では、各サンプリング位置の480×480画素の画像中に98のコンタクトを取り込むことができる。35の各領域毎に5つのサンプリング位置を取るとすると、17，150のコンタクトが検査されることになる。

【0049】図17は、本発明により検査されるコンタクトホールを持つ半導体デバイスの概略断面図である。図17は64メガDRAMの埋込みコンタクト形成プロセスを示したものである。フィールド酸化物層131は半導体基板130上に形成された活性領域を画定する。活性領域の上方にはゲート電極132が形成され、スペーサ133によって覆われる。高温酸化物膜の第1の絶縁層134が表面上に形成された後、第1のコンタクトホール137がビット線135用のダイレクトコンタクトとして形成される。ビット線135を形成した後、第2の絶縁層136がBPSGとして表面上に形成され、ワード線用に第2のコンタクトホール138が形成される。

【0050】本発明の検査の一例としては、例えば64メガDRAM製造プロセス中のワード線の形成用の埋込みコンタクトについて検査が行われる。図17に示すように、検査は、ダイレクトコンタクト137についても

行うことができ、あるいはこれらのコンタクトを形成するためのフォトレジストパターンの現像プロセス後に行うこともできる。

【0051】本発明のコンタクト不良検査方法においては、まず、丸コンタクトホールの直径のような検査されるフィーチャの寸法に基づいて、検査される各位置の最適画像サイズが選択される。一実施例の場合、典型的なSEM画像は480×480画素を有する。このような画像を図16の各付番位置毎に取ることができる。コンタクトホールのサイズ及びこれらの間の距離に応じて、各個のコンタクト毎の最適画像サイズが決定される。図18は、半導体デバイスの1つのサンプリング位置における12.5kの倍率でのインラインSEMのコンタクト画像の一例を示したものである。この画像は、480×480画素で構成され、この画像中に描かれたコンタクト数は98、すなわち水平方向に14画素、垂直方向に7画素である。

【0052】最適分解能は、検査されるフィーチャ、すなわちコンタクトホールのサイズ及びコンタクトホール間の距離に基づいて決定され、チェックされる。一例のシステムでは、例えば、各画素によりSEMで約12ナノメートルの分解能を得ることができる。現在、コンタクトホールは200ナノメートルのオーダーの直径を持つことができることは周知である。あるフィーチャをカバーする画素の数は、フィーチャ中の異形部が画像で確実に検出することができるように選択される。例えば、検査される領域が等間隔の格子中に100のコンタクトホールを有する場合、48×48画素の100のサブグリッドをその各サブグリッドを1つのコンタクトホールと関連づけて使用することにより、コンタクトホール間のスペースを含めて全てのコンタクトホールをカバーすることができる。これらの各コンタクトホールを検査するために用いられる100の48×48画素のサブグリッドは、水平な直線と垂直な直線からなる長方形の格子あるいはメッシュを480×480画素アレイに重ねることにより形成することができる。

【0053】本発明によれば、この場合、検査するコンタクトホールのどのような異形部でも48×48の格子で十分な分解能が得られるということが確かめられる。コンタクトホールの寸法は、各サブグリッド中のスペースの量と比較されて、コンタクトホール自体をカバーする画素の数がコンタクトホールを分析するの十分であるかどうか判断される。分解能は、臨界寸法、すなわちコンタクトホールの直径をコンタクトホールをカバーする画素数によって割ることによって求められる。分解能は、12ナノメートル/画素スレッシュホールドというようなスレッシュホールドと比較されて、その分解能が十分であるかどうか確認される。

【0054】画素分解能が決定されたならば、メッシュ構造を用いて、コンタクトホールの位置及び寸法を求め

ることができる。一実施例では、メッシュあるいは格子構造の垂直線及び水平線を用いてコンタクトホールの位置が求められる。

【0055】モジュール60dのコンタクト位置認識プロセスを示す図18において、マトリックス中で位置合わせされたコンタクト画像の上にメッシュあるいは格子が重ねられ、各コンタクトが各メッシュ上に置かれるように、水平軸と垂直軸のピッチがメッシュあるいは格子が一定のサーチエリア内で調節される。この時、これらのピッチはコンタクト画像を生成する画素の数を増減させることによって制御することができる。メッシュ線のサーチエリアは、好ましくはコンタクトホールの同じパターンが繰り返されるエリアを含むように設定される。

【0056】図18において、メッシュサーチ法を使用するコンタクト位置認識プロセスでは、各メッシュユニットあるいはサブグリッドが、水平方向の少なくとも62画素と、垂直方向の少なくとも32画素で構成されているということを確認し、サーチエリアは、想像上の水平軸方向メッシュ線150と想像上の垂直軸方向メッシュ線152を垂直軸に少なくとも32画素、水平軸に少なくとも62画素を含む範囲内で動かし、これによって、コンタクト画像中の各コンタクトがメッシュ線によって妨げられないようにして最も小さいデジタル化電子信号値の位置を検出することにより決定される。

【0057】一実施例においては、メッシュサーチは垂直線もしくは水平線を第1の位置に位置決めすることによって行われる。そして、その線沿いの輝度値を合計して、その線についての総輝度が求められる。次いで、その線は次の位置にステップ移動される。例えば、垂直線を水平軸に沿って次の位置にステップさせ、その位置で垂直線沿いの輝度値がサイド合計される。水平軸沿いの各位置で、総輝度値は所定のスレッシュホールド及び前回の総輝度値と比較される。コンタクトホールは背景より高い輝度を持つと仮定して、輝度の増加を用いてコンタクトホールのエッジ達したことを示すことができる。他の実施形態においては、コンタクトホールは背景より低い輝度を有する。このプロセスを格子構造全体にわたって続けて行うことにより、各コンタクトホールの位置及び/またはサイズと形状を求めることができる。一方の軸方向沿いに全ての位置の総輝度値が計算されたならば、このプロセスを他方の次元について繰り返すことによって、コンタクトホールのサイズ、形状及び位置を完全に特徴づけることができる。この特徴情報は、以後の処理において種々の目的のために用いることができる。コンタクトホールの位置と形状を知ることによって、コンタクトホールと関係がない画素の不必要な処理が省かれる。また、後続の処理の間に不良が識別された場合、その不良コンタクトホールの正確な位置が容易に突きとめられる。

【0058】コンタクト位置認識を行った後では、図1

8に示すように、最初のメッシュユニットの原点は、例えば、水平軸上の画素番号 $X0=13$ と垂直軸上の画素番号 $Y0=23$ で与えられる。同じサイズを持つメッシュユニットを比較の主題とすることができ、これがコンタクト位置認識が上記のように行われる理由である。

【0059】メッシュユニットは様々な設定、すなわちコンタクトホール153が1つ置き各1つのメッシュユニット上に置かれる図19に示すような設定、あるいは少なくとも2つのコンタクトホール153を1つのメッシュユニット上に置くことができる図20に示すような設定で用いることができる。さらに、上記のメッシュ法の位置認識手法は、上記の円形コンタクト画像に対して、正方形あるいは円形パッド画像のようなあるパターンの画像が各単位面積毎に繰り返される場合にも、種々の画像形状で使うことができる。

【0060】図18は、本発明に基づきコンタクト位置認識プロセスを行うためのメッシュ設定におけるコンタクトユニット(480×480画素)のSEM画像を示す。上に述べたように、この例では、この実施形態の検査のメッシュユニットは32×62画素として設定され、原点の画素番号( $X0, Y0$ )は(13, 23)である。上記のメッシュユニット設定は、上に述べたように水平メッシュ線150及び垂直メッシュ線152を各メッシュ線によって画定されるサーチ範囲内で移動させることによって求められ、それぞれメッシュユニットの各ピッチに対応して約60画素と約30画素に設定することができる。もう一つの実施形態においては、各メッシュ線を分析して各メッシュ線に対応する最低輝度値を検知することによりコンタクトホールの位置が求められる。

【0061】図19及び20は、上に述べたような異なる種類のメッシュ設定を示し、図21は、コンタクト輝度プロファイルの生成を説明するために、コンタクトユニットが画素単位によって指定されることを示したものである。図22は、メッシュユニット内の第1の輝度プロファイルを示し、これには背景輝度値を除去してプロファイルを正規化する前の輝度値が垂直軸に対して示されている。図23は、背景輝度値除去後のコンタクトのスレッシュホルド値を設定した図22の輝度プロファイルを示したものである。この実施形態の検査では、スレッシュホルド電子信号値は5に設定され、スレッシュホルド画素番号は図23に示す20である。検査対象のコンタクトホールは垂直軸に沿って画素20から40にまたがっている。

【0062】図24は、背景値除去による正規化後における図18のコンタクトのSEM画像についての輝度プロファイルを示したものである。図25は、図18のコンタクトについて行った本発明のコンタクト不良検査の結果のコード化値を示す表である。図24の丸で囲んだコンタクトは、図25のコード値4によりコンタクト不

良と判定された位置と一致する。

【0063】図26は、この実施形態の検査における図15示す各サンプリング位置についてのコンタクト不良検査結果の一部を各チップのサンプリング位置に関して示す図表であり、本発明によるコンタクトの各分類基準に対応する全てのコンタクト数が示されている。すなわち、各チップあるいは検査領域中の5つの各位置について、その位置で検知された各種分類のコンタクトホール数がリストアップされている。例えば、位置(1, 3)では、タイプDと分類されたコンタクトホールが87、タイプEと分類されたコンタクトホール3つ、タイプGと分類されたコンタクトホールが5つ、そしてタイプHと分類されたコンタクトホールが3つそれぞれある。各位置毎に98のコンタクトホールが検査され、分類され、35の検査領域にわたって合計17,150のコンタクトホールが検査されたということは理解されよう。一実施形態においては、この検査は本発明によるプロセス時間の短縮によって1時間以内で完了することができる。従って、この手法は大量生産に応用可能である。

【0064】コンタクトプロファイル計算モジュール60e(1)を用いて、上記の個々のメッシュの各メッシュユニット毎の上記検出電子信号値の第1の輝度プロファイルが生成される。背景値除去モジュール60e

(2)を用いて、第1の輝度プロファイルから各メッシュユニットの背景値を減じることににより第1の輝度プロファイルから第2の輝度プロファイルが生成される。

【0065】第1の輝度プロファイルと第2の輝度プロファイルは、各メッシュユニットに含まれる各画素に対応するデジタル化された電子信号値を用いることによって計算される。しかしながら、各メッシュユニットから得られる電子信号値は、対応するコンタクトからの電子信号値とコンタクトを取り囲んでいる外側の領域から得られた電子信号値の両方を含んでいる。本発明においては、1つのメッシュユニット内のコンタクトの内側だけからの輝度しか含まない正確な電子信号値を得るために、コンタクト領域、すなわち、コンタクトを取り囲む領域外からの背景電子信号値が輝度プロファイルから減じられて正規化された第2の輝度プロファイルが生成される。この操作は「変色効果」除去と呼ばれる。

【0066】本発明の一実施形態においては、コンタクト輝度プロファイル計算及び背景値除去はモジュール60eにより次式(1)に従って行われる。

【0067】

【数1】

$$Y = \frac{X}{\sqrt{(B/B_c)X_c}} \quad (1)$$

【0068】式中、 $X$ は、1つのメッシュユニット内の所定スレッシュホルド以上電子信号値の和である。 $B$ は、1つのメッシュユニット内の所定スレッシュホルド以下の



電子信号値の和である。 $B_c$ は、1つのメッシュユニット内の所定スレッシュヨルド以下の値を持つ電子信号の数である。 $X_c$ は、1つのメッシュユニット内の所定値以上の値を持つ電子信号の数である。 $Y$ は、1つのメッシュユニット内の背景補償された電子信号値である。

【0069】式(1)では、上記の所定値は背景値を除き、正確な測定結果が得られるようにして決めればよい。一実施形態においては、この値は例えば100であるが、この値に限定されるものではない。

【0070】 $Y$ 値、すなわち式(1)の答は、各メッシュユニット内の補償された電子信号の和である。一実施形態においては、式(1)の $Y$ の値について下限及び上限が設定される。特定のコンタクトについて計算された $Y$ の値が下限以下ならば、そのコンタクトは不良であると判定される。一実施形態においては、この所定の下限以下の値の測定結果は、無開タイプのコンタクトホール不良を示す。

【0071】式(1)は、通常不規則形状を有するコンタクトホールの検査に使用される。例えば、式(1)は、コンタクトホールを形成するためのフォトレジスト層をコンタクトホールの形成前に検査するために使用することができる。

【0072】もう一つの実施形態においては、コンタクトプロフィール計算及び背景値除去は次式(2)～(4)に従って行われる。

$$P_k^N = (P_k^N)' - P_0^N \quad (2)$$

【0073】

【数2】

$$(P_k^N)' = \frac{\sum P_{n=h_i^N+k}}{(h_f^N - h_i^N)} \quad (3)$$

【0074】

【数3】

$$P_0^N = \text{baseline}[(P_k^N)'] \quad (4)$$

【0075】式中、 $n$ は、水平軸方向画素番号である。 $k$ は、垂直軸方向画素番号である。 $P_0^N$ は、水平軸位置 $n$ と垂直軸位置 $k$ の画素についてのデジタル化信号値である。 $N$ は、分析中のメッシュ番号である。 $h_i^N$ は、1つのメッシュユニット内の水平軸の最初の画素番号である。 $h_f^N$ は、1つのメッシュユニット内の水平軸の最後の画素番号である。

【0076】式(2)～(4)については、図21及び22を参照して説明する。図21は、本発明によりコンタクト輝度プロフィールを計算するために使用されるコンタクト関するメッシュユニット中の画素単位を図式的に表現したものである。図22は、図18のコンタクト画像についての背景値を減じる前に計算したメッシュユニット内の第1の輝度プロフィールをプロットしたグラフである。一実施例においては、輝度プロフィールは、

1つの画素軸沿いの離散位置にステップ移動して、その各位置で上記画素軸の直交方向に沿って輝度値を合計し、画素輝度の和を該画素軸沿いの画素番号に対してプロットすることによって生成される。例えば、図22のプロファイルは、垂直軸沿いの画素位置へ順次ステップ移動して、水平向に画素輝度を合計することによって生成することができる。図22のプロファイルでは、結果として中心付近にピークを持つ輝度プロフィールが得られたもので、これは特定のメッシュユニットにおけるコンタクトホールの存在を指示している。このコンタクトホールは、垂直画素位置がほぼ16から44まで及んでおり、従って垂直方向に約28画素のサイズを有する。図示プロファイルはコンタクトホールの中心部のピークの頂部に輝度の僅かなディップがあり、コンタクトホールの底部で検出輝度が落ち込んだことを示している。この輝度プロフィールの形状は、正常なコンタクトホールを指示している。

【0077】式(3)で得られる値 $(P_k^N)'$ は、垂直軸方向画素番号 $k$ の画素の1画素当たりの平均電子信号値である。これは垂直軸方向画素番号 $k$ の線(図21、 $k=20$ )における各画素に対応するデジタル化電子信号値の総和(レベル)、すなわち図22の曲線の高さを $h_i^N - h_f^N$ で与えられる垂直軸位置 $k$ の水平画素数で割ることによって得られる。図22は、式(3)から得られたプロフィールを示したものである。 $P_0^N$ は $(P_k^N)'$ の最小値、すなわち背景輝度あるいは基線値である。それ故、 $P_k^N$ は背景輝度値を減じた1画素当たりの平均電子信号値を示している。

【0078】図23は、式(2)によって背景輝度値 $P_0^N$ を減じた後の第2の輝度プロフィールをプロットしたグラフである。図24は、図18のコンタクト画像中のコンタクトについて正規化した第2の輝度プロフィールを示したものである。

【0079】一実施例においては、本発明のコンタクト不良検査プロセスはさらに式(2)～(4)の結果を分析して、それらのコンタクトが不良であるか否か、そして不良であるならば、どのタイプであるかに関して分類を行う。各コンタクトホールの第2の輝度プロフィール(図24)を分析して、不良が識別され、分類される。

【0080】一実施例においては、図23に示すように、スレッシュヨルド、例えば5が第2の輝度プロフィール(背景値を減じた後の1画素当たりの平均電子信号値)に適用される。コンタクトの臨界寸法 $CD^N$ は、スレッシュヨルドにおけるプロフィールのピークの長さ(あるいは幅)と定義される。図23に示すように、スレッシュヨルドが5にセットされた場合、コンタクトについての臨界寸法 $CD^N$ は $CD^N = 40 - 20 = 20$ 画素となる。臨界寸法 $CD^N$ は、例えばコンタクトホールの直径であってもよく、次式(5)で計算することができる。

【0081】

【数4】

$$CD^N = \sum_{k=v_i^N}^{k=v_f^N} w_k^N \quad (5)$$

【0082】式中、 $v_i^N$ は、メッシュユニット内の最初の垂直軸方向画素番号である。 $v_f^N$ は、メッシュユニット内の最後の垂直軸方向画素番号である。 $P_k^N = (P_k^N)' - P_0^N$ である。 $w_k^N$ は、画素輝度値がスレッシュホールド (threshold) 以上であるかどうかを示し、具体的には、下記の値を指示する。

【0083】

【数5】

$$w_k^N = \begin{cases} 1, & \text{if } P_k^N \geq \text{threshold} \\ 0, & \text{if } P_k^N < \text{threshold} \end{cases}$$

【0084】次に、スレッシュホールド以上の画素について平均画素輝度  $BSE^N$  が次式 (6) によって下計算される。

【0085】

【数6】

$$BSE^N = \frac{\sum_{k=v_i^N}^{k=v_f^N} P_k^N w_k^N}{CD^N} \quad (6)$$

【0086】ここで、式 (5) 及び (6) は、式 (1) の別の形の検査手法を表しているということに留意すべきである。式 (6) における平均画素輝度  $BSE^N$  は、式 (1) で計算される値  $Y$  のアナログ値である。また、式 (5) 及び (6) の値  $CD^N$  は式 (1) の値  $X_c$  を置換した形になっている。

【0087】検査中のコンタクトについて臨界寸法に対応する画素番号  $CD^N$  及び平均画素輝度値  $BSE^N$  を計算したならば、これらを用いてコンタクトの状態を分類することができる。一実施例においては、その画素番号  $CD^N$  に対して上限値  $NOC2$  と下限値  $NOC1$  を設定することができる。これらの限界値を用いて、正常なコンタクトについての合格画素数の範囲が定義される。平均画素輝度  $BSE^N$  に関しても、限界値を設定することができる。その上限値  $NOT2$  及び下限値  $NOT1$  を用いて、正常なコンタクトについての平均合格画素輝度値の範囲を定義することができる。

【0088】分析中の各コンタクトについての  $CD^N$  値及び  $BSE^N$  値はそれぞれの対応する範囲と比較されて、コンタクトが分類される。一実施例では、各コンタクトは、 $CD^N$  値及び  $BSE^N$  値とそれぞれの対応範囲との比較に基づいて、可能な9つのタイプの1つに分類される。可能な9つの状態と、それらに対応する分類のタイプ及び数字コードの一例が表1に示してある。

【0089】

【表1】

分類	$(BSE^N) \leq (NOT1)$	$(NOT1) \leq (BSE^N) \leq (NOT2)$	$(BSE^N) \geq (NOT2)$
$(CD^N) \leq (NOC1)$	Aタイプ (コード1)	Bタイプ (コード2)	Cタイプ (コード3)
$(NOC1) \leq (CD^N) \leq (NOC2)$	Dタイプ (コード4)	Eタイプ (コード5)	Fタイプ (コード6)
$(CD^N) \geq (NOC2)$	Gタイプ (コード7)	Hタイプ (コード8)	Iタイプ (コード9)

【0090】表1の3つの縦欄には、コンタクトホールの深さの3つの状態が定義されている。これらの欄は、深さが減少する順に並べられている。すなわち、最初の欄では比較的深いコンタクトホールの3つの状態、すなわち、タイプA、D及びGが定義されている。2番目の欄では、深さが正常なコンタクトホールの3つの状態、すなわちタイプB、E及びHが定義されている。3番目の欄では、深さが不十分なコンタクトホールの3つの状態、すなわちタイプC、F及びIが定義されている。これらのコンタクトホールの状態のタイプは、通常、部分的に開いているコンタクトホールあるいは一様ではないコンタクトホールの特徴に対応している。表1の横行はコンタクトホールの直径が増大する順に並べられている。A、B及びCのコンタクトホールのタイプが入っている最初の行は、直径が小さくて不十分なコンタクトホールの状態に対応する。タイプD、E及びFがある2番目の行は、正常な直径を持つコンタクトホールの特徴に

対応している。タイプG、H及びIがある3番目の行は、直径が大き過ぎるコンタクトホールの特徴に対応している。

【0091】表1に示すように、Eタイプの分類は、 $CD^N$  及び  $BSE^N$  がいずれもそれぞれの所定範囲内にある場合に対応する分類であり、正常なコンタクトであることを示す。これら値の一方または両方ともそれぞれの範囲外にあるコンタクトはE以外のタイプの1つに分類され、それらのタイプは、種々のコンタクト不良または不良の程度あるいはタイプを示すために用いることができる。

【0092】結果表示モジュール60gは、不良検査モジュール60fによって分類された結果、すなわち正常なコンタクト及び／またはコンタクト不良についての分類結果を表示することができる。これらの結果は、各コンタクトの位置に対応させてデジタル化した値で表示することができる。



【0093】図25の表は、図24のコンタクトホールについての分類及び画素位置の例を示したものである。各コンタクトが正常であるか、不良であるかが第2の輝度プロファイルに対応する各コンタクトの位置に関して数字コードの形で示されている。表中、コード「5」は、タイプEを表し、正常なコンタクトを意味する一方、コード「4」はタイプDのコンタクト不良を表す。一実施例においては、タイプDは無開コンタクトを表す。図25のX値は、各メッシュユニットにおける最初の水平軸方向画素番号を表し、Y値は最初の垂直軸方向画素番号を表す。図26の表は、半導体ウェーハの上に7つの各領域中の5つの位置についての本発明による検査の結果を示したものである。この表は、各位置内にある各分類タイプのコンタクト数を示している。

【0094】CD<sup>N</sup>及びBSE<sup>N</sup>の値は、種々の形でコンタクトを分類するのに用いることができる。すなわち、特定のコンタクトが入る分類によって特定のタイプのコンタクト不良を指定することができる。例えば、あるコンタクトについてのBSE<sup>N</sup>が最小値NOT1以下の場合、それは通常無開のコンタクトホールを示し、そのコンタクトホールはタイプA、D及びGのどれかに分類されることになる。BSE<sup>N</sup>が最大値NOT2以上の場合、そのコンタクトホールは開いてはいるが、何らかの理由でやはり不合格であると見なされる。例えば、そのコンタクトホールは底部に向かって広がるか、あるいは狭くなるような異形状になっていることがある。この場合、コンタクトホールはタイプC、F及びIのどれかに分類されることになる。

【0095】同様に、CD<sup>N</sup>が最小値NOC1の以下の場合、それにより指示される不良はコンタクトホールが狭過ぎるか、あるいは楕円形のような異形状になっていることがある。CD<sup>N</sup>が最大値NOC2以上ならば、それはコンタクトホールの異形状を指示する。

【0096】図27は、本発明の一実施例による半導体デバイスの製造プロセスを示す処理シーケンスの論理の流れを図解したフローチャートである。まず、半導体デバイスの製造プロセス中のある特定の処理ステップで、窒化物膜または酸化物膜のような特定の絶縁層上にフォトレジストを被着し、フォトリソグラフィ処理を行った後、コンタクトホールに対応するフォトレジストパターンが形成される(S40)。フォトレジストパターンは露光処理及び現像処理によって形成される。

【0097】次に、フォトレジストパターンをエッチングマスクとして用いて、フォトレジストパターンの下の絶縁層をエッチングすることによりコンタクトホールが形成される(S42)。次いで、コンタクトホールの内側を洗浄し、ウェーハを本発明によるインラインSEM中へ移動して、上に述べたように本発明に従ってコンタクトホール不良検査が行われる。その後、コンタクトホール内に導体を充填して、半導体デバイス製造のための

次のプロセスが実行される(S46)。

【0098】図28は、本発明のコンタクト検査方法の一実施例の論理の流れを図解した概略フローチャートである。まず図示のステップ500で、プロセスで利用されるパラメータが読み込まれる。一実施例では、プロセスで用いられるパラメータは下記の通りである

N=SEM画像のY軸方向画素番号

M=SEM画像のX軸方向画素番号

VP(垂直ピッチ)=メッシュのY軸方向のコンタクトピッチ

HP(水平ピッチ)=メッシュのX軸方向のコンタクトピッチ

MX=X軸方向メッシュサーチの画素範囲

MY=Y軸方向メッシュサーチの画素範囲

bse=ユニットメッシュ上のコンタクトの特性プロファイルの基線スレッシュホールド

NO1=正常なコンタクトの特性プロファイル輝度の下限値

NO2=正常なコンタクトの特性プロファイル輝度の上限値

CD1=正常なコンタクトの特性プロファイルの画素番号下限値

CD2=正常なコンタクトの特性プロファイルの画素番号上限値

XN=ウェーハ中のチップまたはショット単位別の検査SEM画像総数(カウント)

YN=チップまたはショット単位中の検査SEM画像総数(カウント)

X=ウェーハ中のチップまたはショット単位別の検査SEM画像順番

Y=チップまたはショット単位中の検査SEM画像番号  
cdta[j][i]=単位画素におけるSEM画像信号レベル

【0099】次に、ステップ502で、X軸値がゼロに初期化され、ステップ504で、Y軸値がゼロに初期化される。検査システムは、最大のY軸値に達するまで、ステップ506~520によって形成される内側ループによりY軸沿いに検査を続ける。最大Y軸値に達したならば、X軸値がインクリメントされ、全てのY軸値について内側ループが繰り返される。ついには、X軸及びY軸の最後の値に達して、外側のループが終了する。図28の内側ループ内では、ステップ506で、図29に詳細に示すようにして、(X, Y)及びcdta[j][i]

[i]のSEM画像データが読み取られる。ここで、本願で説明するメッシュ法は直交するX軸及びY軸を有する長方形のメッシュ構造を使用するということに留意すべきである。長方形メッシュは必須ではないことは理解されよう。他のメッシュ形状を用いることもできる。例えば、三角形、あるいは台形のメッシュを使用することができる。メッシュ構造は、コンタクトのどのような

周期反復性パターンでも確実に検出されるように選択される。

【0100】次に、図28のステップ508で、コンタクトホール位置が決定される。ステップ508は図30～33に詳細に図解されている。コンタクトホール位置を認識するステップには、コンタクトホールを検査するために使われるメッシュ種類及びパターンを選択するステップが含まれる。図30～33に詳細に示すプロセスは、第1の選択された次元（水平）に沿って1画素ずつ進行して、第1の次元と直交する第2次元（垂直）の全ての画素輝度値を合計する。輝度の大きな変化（急増）が検出されると、それはコンタクトホールのエッジの特徴として識別される。このプロセスは、輝度の大きな低下が検出されて、コンタクトホールの反対側のエッジの特徴として識別されるまで続けられる。この手法が全てのコンタクトホールの位置が検知されるまで続けて用いられる。図30～33のステップ550及び582で、輝度の差の絶対値が使用されるということに留意すべきである。これは、コンタクト位置の特徴として認識するには、輝度の差の大きさ、すなわちコントラストが重要であるためである。この手法は、コンタクトホールを高輝度あるいは低輝度として特徴認識するいろいろな取り決めに対応している。

【0101】図28のステップ514で、コンタクトホールプロファイルが計算される。このプロセスは、図34～37のフローチャートに詳細に図解されている。プロファイルは、図30～33を参照して上に説明したプロセスに従い識別された各コンタクトホールを分析することによって計算される。プロファイルは各コンタクトホール毎に計算される。一実施例では、プロファイルは一次元沿いの各位置でこれと直交する他方の次元の輝度値を合計することによって生成される。各位置における輝度値は、平均を取ってプロットして、プロファイルを生成することもできる。図34～37のフローチャートでは、一般名の形の変数F及びF2が使用されているということに留意すべきである。これらの変数は、本発明の実施例においては、式(5)及び(6)でそれぞれ定義される変数BSE<sup>N</sup>及びCD<sup>N</sup>と置換可能である。

【0102】図28のステップ516では、コンタクトホールが本発明に従って検査される。このプロセスは図38、39に詳細に図解されている。上に述べたように、図34～37に従って求められた値を分析することによって、各コンタクトホールは9つのコンタクトタイプの1つに分類される。上記のように、図38、39においては、変数F及びF2は変数BSE<sup>N</sup>及びCD<sup>N</sup>と交換可能である。

【0103】再び図28を参照して、ステップ518でY軸値がインクリメントされ、ステップ520で最大のY軸値に達したかどうか判断される。最大値に達していなければ、プログラムの流れは内側ループの最も上の

ステップへ戻る。最大値に達したならば、ステップ522でX軸値がインクリメントされ、プログラムの流れはステップ504でブロック524を介して外側ループの最も上のステップに戻る。外側ループが終わる時、ステップ526で検査プロセスの結果を表示することができる。

【0104】上記のように、図29は図28に示すSEM画像データ読取りステップ506を詳細に図解したフローチャートである。ステップ528で、インデックスjがゼロに初期化され、ステップ530でインデックスiがゼロに初期化される。ステップ532でcdata[j][i]が読み込まれ、ステップ534でインデックスiがインクリメントされる。ステップ536で、インデックスiがその最大限值Mに達したかどうか判断される。最大値に達していなければ、ステップ532へ戻ってデータが再度読み込まれる。最大値に達したならば、ステップ538でインデックスjがインクリメントされ、ステップ540で、jがその最大値Nに達したかどうか判断される。最大値に達していれば、プロセスは終了する。層でなければ、ステップ530に戻って、インデックスiが再びゼロに初期化され、上記プロセスが繰り返される。

【0105】一実施例においては、本発明のコンタクト不良検査は、コンタクトホールが形成され、コンタクトホールの内側が洗浄された後（洗浄後検査（After Cleaning Inspection）：ACI）行われる。この不良検査は、コンタクトホール形成用のフォトリソパターンを形成するための現像処理において、ウェーハ上の露出した絶縁層に対して行うこともできる（現像後検査（After Development Inspection）：ADI）。

【0106】本発明は、上に述べたようなコンタクトホールだけではなく、全てのステップで、半導体基板及び導電層と直接接する全てのコンタクトホール接続するためのバイアホールにも適用することができる。さらに、本発明は、コンタクトホール形成のためのフォトリソグラフィ処理で、現像処理の後のパターン形成不良を調べるために使用することもできる。

【0107】さらに、本発明は、円形状コンタクトホールの他、規則的に反復される種々の画像パターンを検出することにより、パターン検査に適用することもできる。

【0108】

【発明の効果】本発明によれば、肉眼あるいは顕微鏡によるコンタクト画像の検査を行うことなく、コンタクト不良の存在がデジタル化された値によって精密かつ正確に検出される。高いアスペクト比を持つコンタクトの場合は、コンタクト不良の有無を容易かつ非常に正確に確認することができる。さらに、ウェーハ表面全体についてのコンタクト不良検査が短時間で行われて、コンタクト不良についての検出結果が得られ、かた大量生産シス

テムラインに好適な高い効率と生産性が確認される。

【0109】本発明の精神あるいは範囲を逸脱することなく本発明の種々の修正態様並びに変形態様を実施することが可能なことは、当業者にとって明白であろう。従って、本発明は、特許請求の範囲に及びこれと等価な範囲内にある限り、それらの本発明の修正態様並びに変形態様を包括するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】走査型電子顕微鏡（SEM）の動作を図解した概略ブロック図である。

【図2】SEMで、参照物が電子ビームにより照射された時放出される二次電子及び後方散乱電子を含む電子のエネルギースペクトルを示すグラフである。

【図3】インラインSEMの構成を図解した概略ブロック図である。

【図4】本発明による半導体デバイス用のコンタクト不良検査システムの一実施例を示す概略ブロック図である。

【図5】本発明による半導体デバイス用のコンタクト不良検査システムのもう一つの実施例を示す概略ブロック図である。

【図6】本発明による半導体デバイス用のコンタクト不良検査システムのもう一つの実施例を示す概略ブロック図である。

【図7】本発明による半導体デバイス用のコンタクト不良検査システムのもう一つの実施例を示す概略ブロック図である。

【図8】本発明によるコンタクト不良検査方法及びシステムの一実施例を示す概略機能ブロック図である。

【図9】本発明によるコンタクト不良検査方法及びシステムのもう一つの実施例を示す概略機能ブロック図である。

【図10】本発明によるコンタクト不良検査方法及びシステムのもう一つの実施例を示す概略機能ブロック図である。

【図11】本発明による半導体デバイス用のコンタクト不良検査方法の一実施例における論理の流れを図解した概略フローチャートである。

【図12】本発明による半導体デバイス用のコンタクト不良検査方法のもう一つの実施例における論理の流れを図解した概略フローチャートである。

【図13】本発明による半導体デバイス用のコンタクト不良検査方法のもう一つの実施例の論理の流れを図解した概略フローチャートである。

【図14】本発明による半導体デバイス用のコンタクト不良検査方法のもう一つの実施例の論理の流れを図解した概略フローチャートである。

【図15】本発明の一実施例によるコンタクト不良検査におけるウェーハ上のチップサンプリング位置のパターンを図解した概略平面図である。

【図16】図15の1つのチップサンプリング位置の中のサンプリング領域の詳細を図解した説明図である。

【図17】本発明の一実施例によるコンタクト不良検査で使用することができるコンタクトホールが形成された半導体デバイスの概略断面図である。

【図18】本発明の一実施例によるコンタクト位置認識方法によってメッシュが設定された後におけるコンタクトホールのSEM画像データを示す写真である。

【図19】本発明の一実施例によるコンタクト認識方法を実施するために設定されたメッシュを略示した説明図である。

【図20】本発明のもう一つの実施例によるコンタクト認識方法を実施するために設定されたメッシュを略示した説明図である。

【図21】本発明の一実施例によるコンタクトユニットと水平方向及び垂直方向の画素単位との間の関係を略示した説明図である。

【図22】本発明の一実施例による背景値除去前のコンタクトユニットの輝度プロファイルを示す説明図である。

【図23】背景値除去後における図22のコンタクトユニットの輝度プロファイルを示す説明図である。

【図24】背景値除去後にコンタクトユニットのSEM画像の輝度プロファイルを示す説明図である。

【図25】本発明の一実施例によるコンタクト不良検査の結果を特定の示したコード表である。

【図26】本発明の一実施例によるコンタクト不良検査の結果の一部を示した表である。

【図27】本発明の一実施例による半導体デバイス処理シーケンスの論理の流れを図解したフローチャートである。

【図28】本発明によるコンタクト検査方法の一実施例における論理の流れを図解した概略ブロック図である。

【図29】図28の方法による走査型電子顕微鏡画像データの読取り動作論理の流れを図解した概略フローチャートである。

【図30】図28の方法によるコンタクトホール位置認識動作の論理の流れを図解した概略フローチャートである。

【図31】図28の方法によるコンタクトホール位置認識動作の論理の流れを図解した概略フローチャートである。

【図32】図28の方法によるコンタクトホール位置認識動作の論理の流れを図解した概略フローチャートである。

【図33】図28の方法によるコンタクトホール位置認識動作の論理の流れを図解した概略フローチャートである。

【図34】図28の方法によるコンタクトホールプロファイル計算の論理の流れを図解した概略フローチャート

である。

【図 3 5】図 2 8 の方法によるコンタクトホールプロファイル計算の論理の流れを図解した概略フローチャートである。

【図 3 6】図 2 8 の方法によるコンタクトホールプロファイル計算の論理の流れを図解した概略フローチャートである。

【図 3 7】図 2 8 の方法によるコンタクトホールプロファイル計算の論理の流れを図解した概略フローチャートである。

【図 3 8】図 2 8 の方法によるコンタクトホール検査の論理の流れを図解した概略フローチャートである。

【図 3 9】図 2 8 の方法によるコンタクトホール検査の論理の流れを図解した概略フローチャートである。

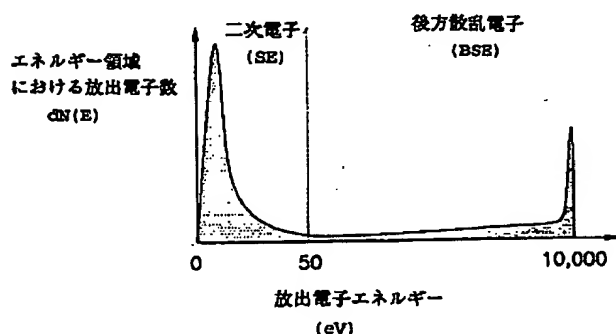
【符号の説明】

- 10 主コンピュータ
- 11 真空形成部
- 12 参照物移送部
- 13 参照物位置合わせ部
- 14 電子ビーム発生器
- 15 電子ビーム偏向器
- 16 信号検出器
- 18 自動焦点コントローラ
- 19 主表示装置
- 20 主コンピュータ
- 21 主コントローラ
- 22 メモリ（主記憶装置）
- 30 主コンピュータ
- 40 主コンピュータ
- 60 コンタクト不良検査モジュール（主コンピュータ）
- 60 a SEM信号読取りモジュール
- 60 b グラフィックファイル転送ネットワークモジュール
- 60 c グラフィックファイル-SEM信号変換モジュール

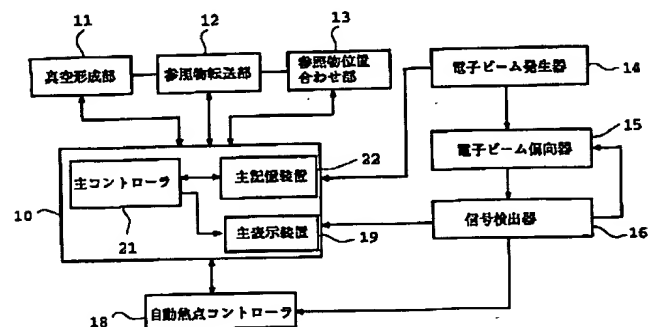
ール

- 60 d コンタクト位置認識モジュール
- 60 e コンタクトプロファイル計算・背景除去モジュール
- 60 e (1) コンタクトプロファイル計算モジュール
- 60 e (2) 背景値除去モジュール
- 60 f コンタクト不良検査モジュール
- 60 g 結果表示モジュール
- 70 測定モジュール
- 80 サブコンピュータ
- 100 走査型電子顕微鏡システム
- 102 電子銃
- 104 コンデンサレンズ
- 108 対物レンズ
- 110 ウェーハ（被検面）
- 112 信号検出器
- 114 信号増幅器
- 115 処理装置
- 116 偏向コイル
- 120 走査回路
- 122 偏向コイル
- 124 シャッター
- 130 半導体基板
- 131 フィールド酸化物層
- 132 ゲート電極
- 133 スペース
- 134 絶縁層
- 135 ビット線
- 136 絶縁層
- 137 コンタクトホール
- 138 コンタクトホール
- 150 水平軸方向メッシュ線
- 152 垂直軸方向メッシュ線
- 153 コンタクトホール

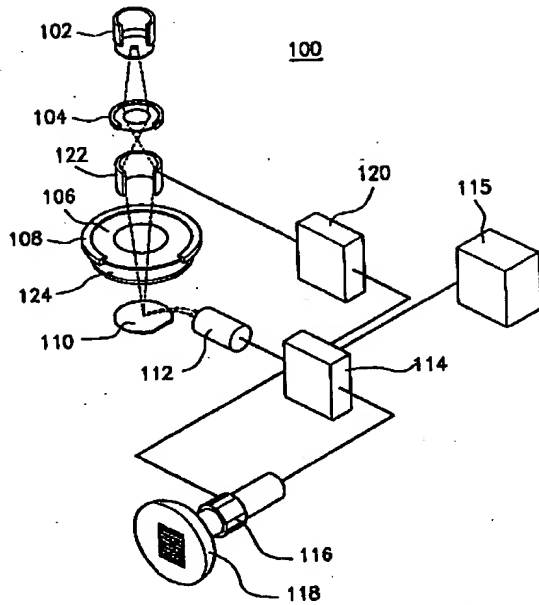
【図 2】



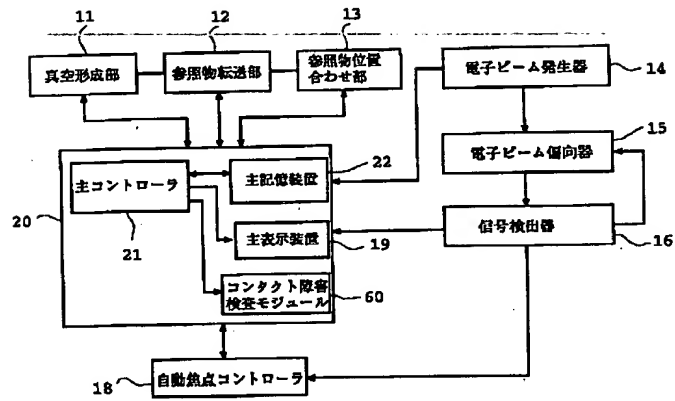
【図 3】



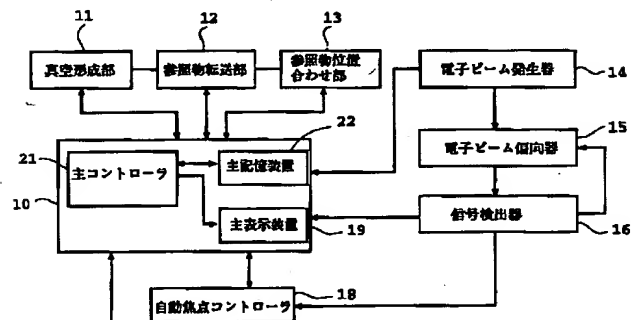
【図1】



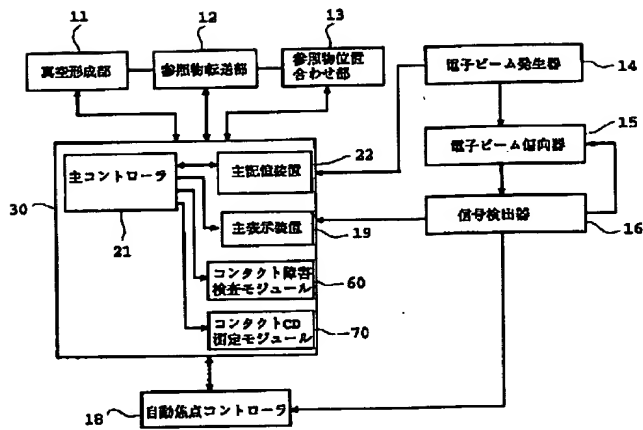
【図4】



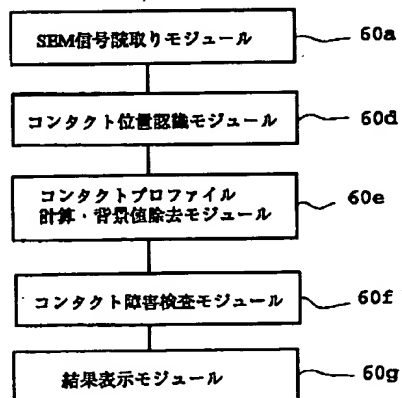
【図6】



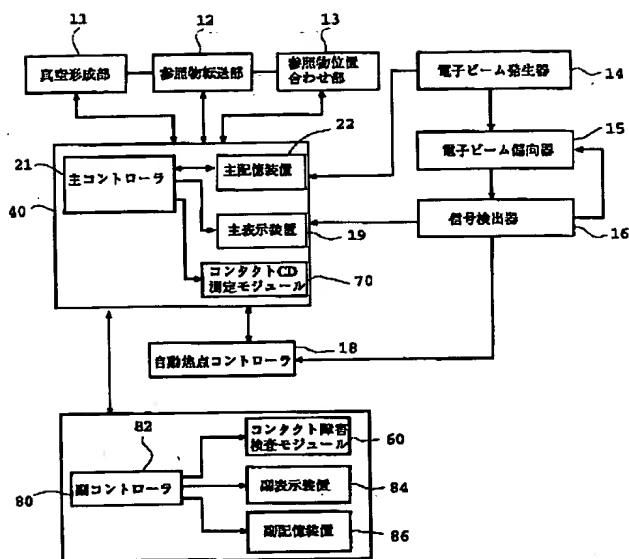
【図5】



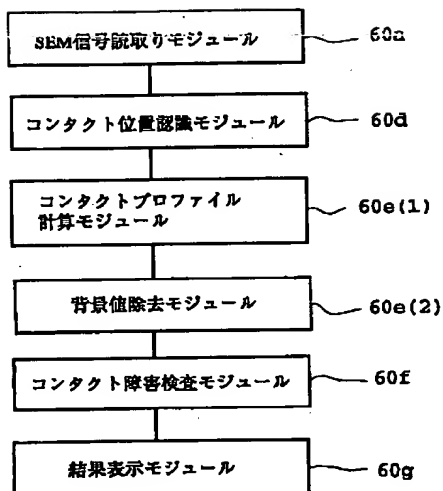
【図8】



【図 7】

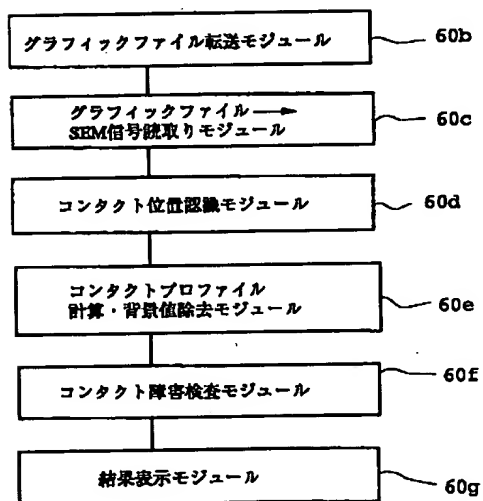


【図 9】

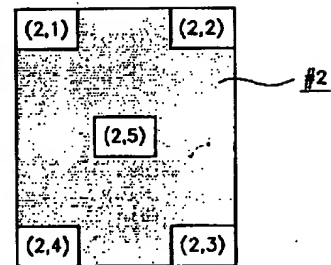
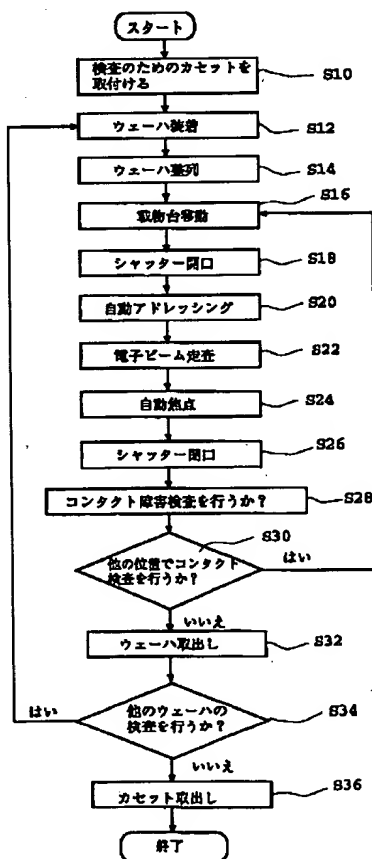


【図 16】

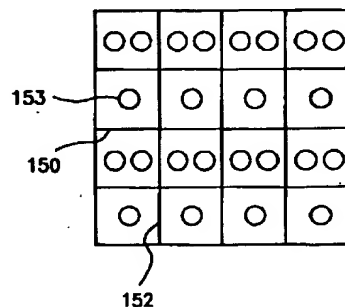
【図 10】



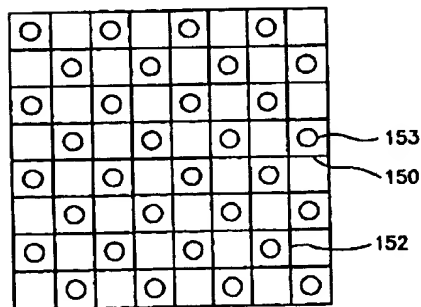
【図 11】



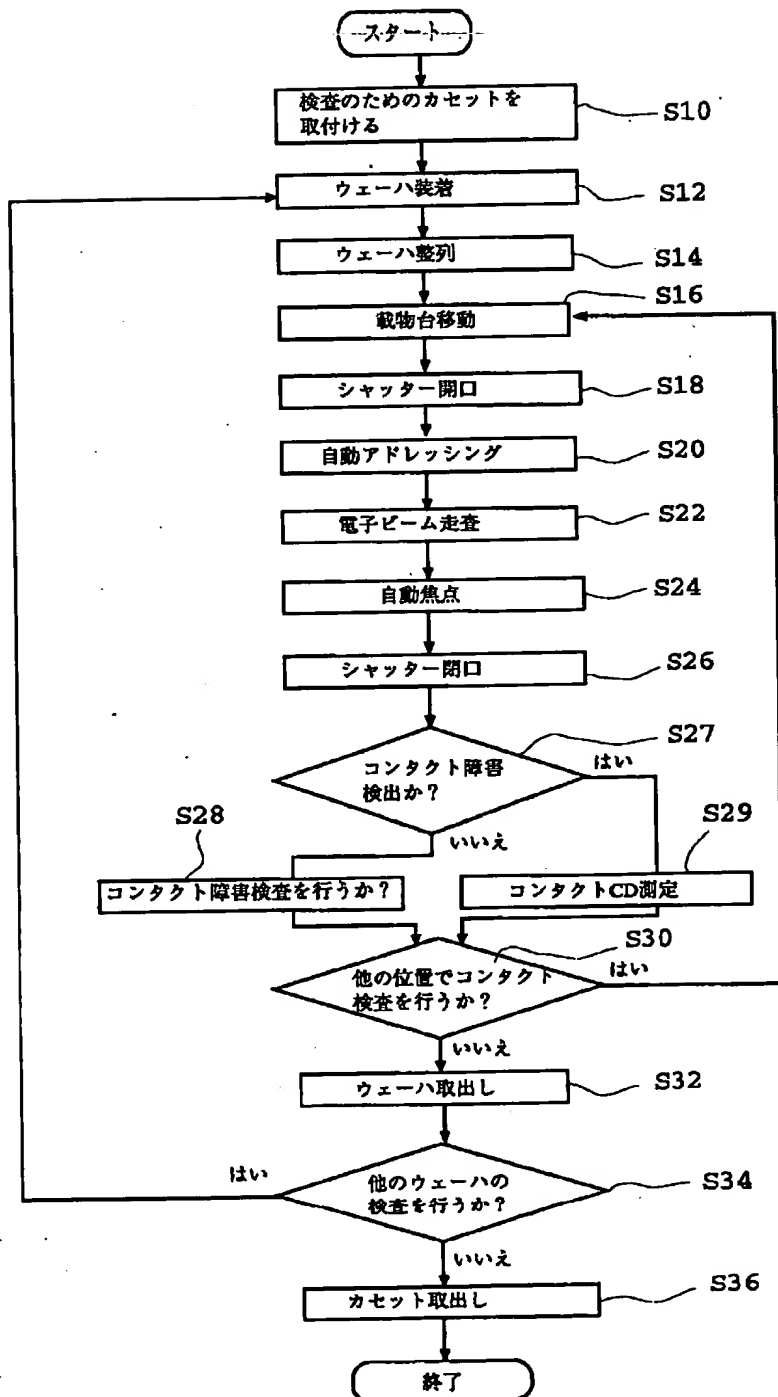
【図 20】



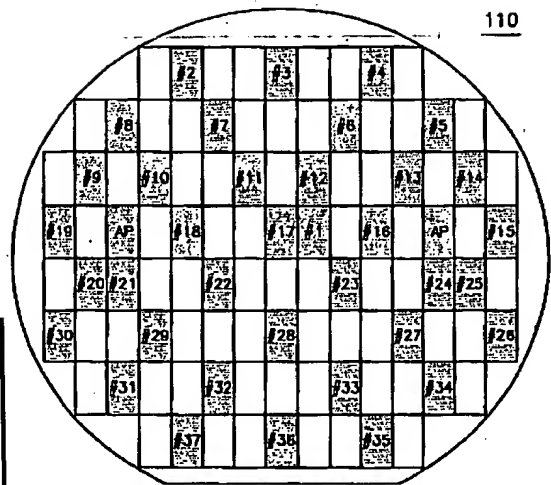
【図 19】



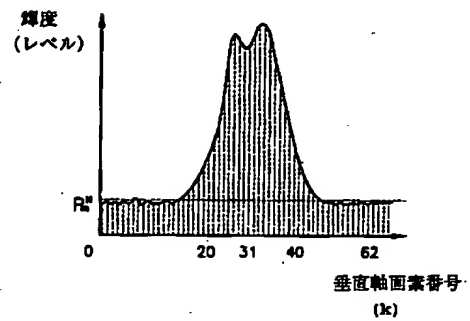
【図12】



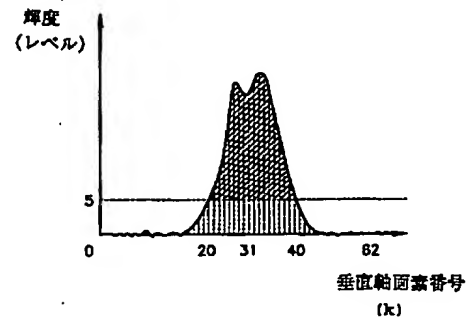
【図15】



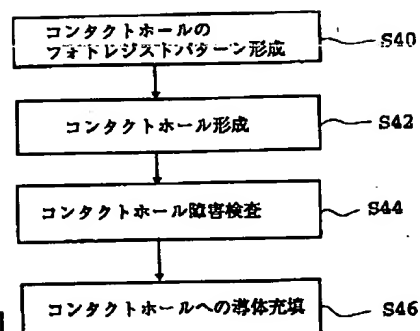
【図22】



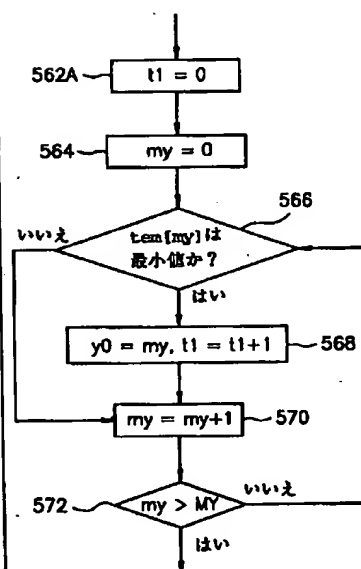
【図23】



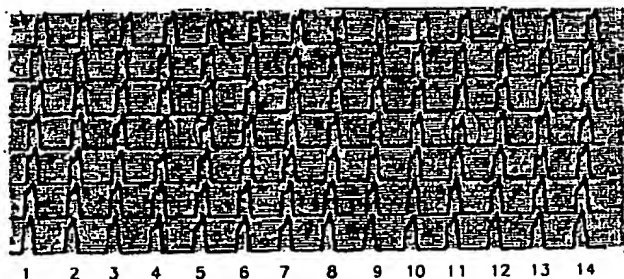
【図 27】



【図 3 1】

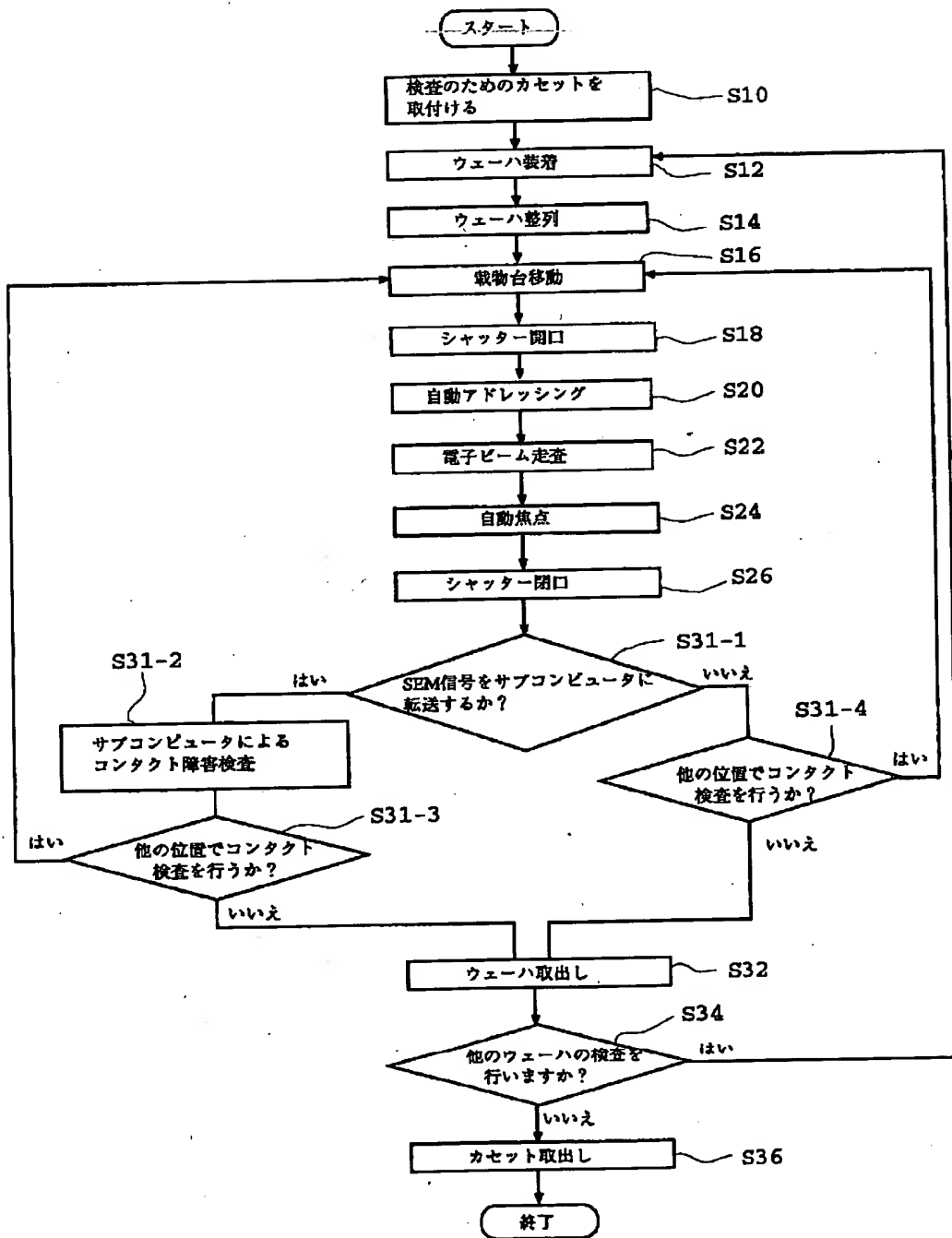


【图 2 5】

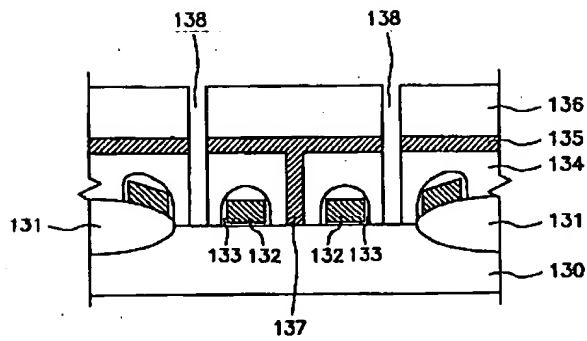
[illegible]



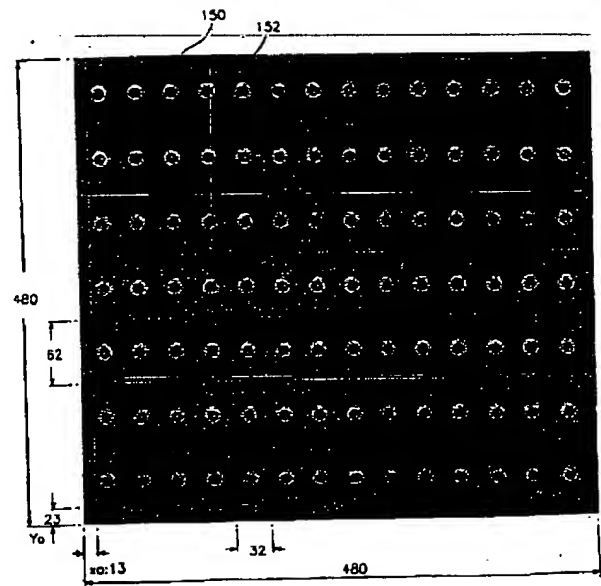
【図14】



【図17】

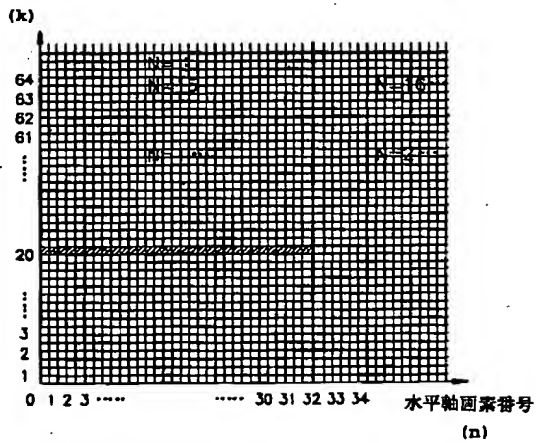


【図18】



【図21】

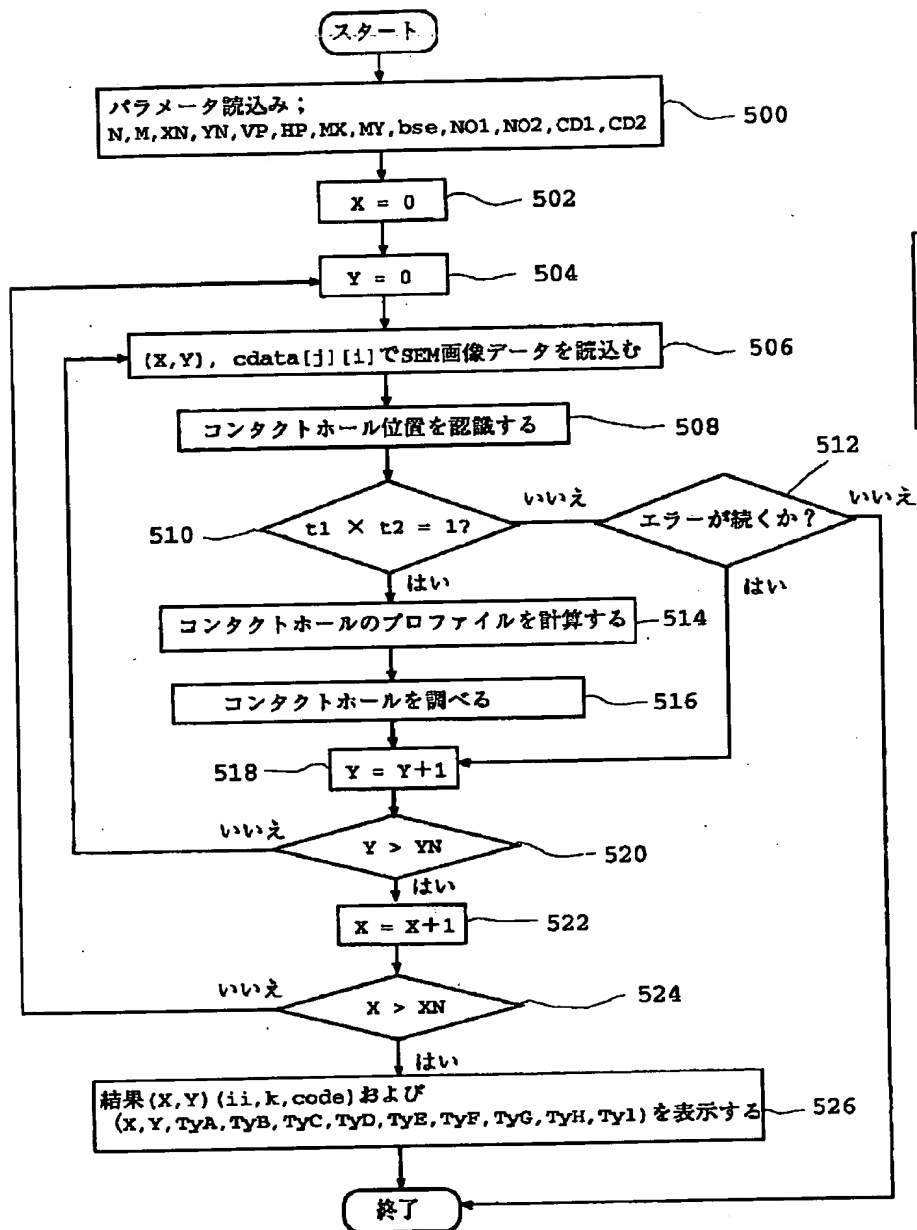
垂直軸图案番号



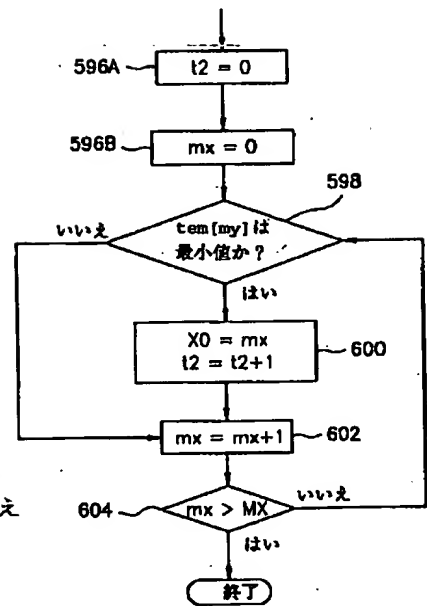
【図26】

位置	Aタイプ	Bタイプ	Cタイプ	Dタイプ	Eタイプ	Fタイプ	Gタイプ	Hタイプ	Iタイプ
(1,1)	0	0	0	87	4	0	7	0	0
(1,2)	0	0	0	88	0	0	10	0	0
(1,3)	0	0	0	87	3	0	5	3	0
(1,4)	0	0	0	78	0	0	8	0	0
(1,5)	0	0	0	89	4	0	5	0	0
(2,1)	0	0	0	0	93	0	0	0	0
(2,2)	0	0	0	62	28	0	2	8	0
(2,3)	0	0	0	27	56	0	0	1	0
(2,4)	0	0	0	71	12	0	1	0	0
(2,5)	0	0	0	32	44	0	2	0	0
(3,1)	0	0	0	0	97	0	0	1	0
(3,2)	0	0	0	69	20	0	7	2	0
(3,3)	0	0	0	47	43	0	6	2	0
(3,4)	0	0	0	52	19	0	3	0	0
(3,5)	0	0	0	82	14	0	1	1	0
(4,1)	0	0	0	11	87	0	0	0	0
(4,2)	0	0	0	47	56	0	1	0	0
(4,3)	0	0	0	78	23	0	0	0	0
(4,4)	0	0	0	80	3	0	1	0	0
(4,5)	0	0	0	71	27	0	0	0	0
(5,1)	0	0	0	88	7	0	2	1	0
(5,2)	0	0	0	80	3	0	5	0	0
(5,3)	0	0	0	90	3	0	5	0	0
(5,4)	0	0	0	82	0	0	2	0	0
(5,5)	0	0	0	78	17	0	3	0	0
(6,1)	0	0	0	81	7	0	0	0	0
(6,2)	0	0	0	88	8	0	4	0	0
(6,3)	0	0	0	87	5	0	5	1	0
(6,4)	0	0	0	83	0	0	2	0	0
(6,5)	0	0	0	78	20	0	2	0	0
(7,1)	0	0	0	88	11	0	1	0	0
(7,2)	0	0	0	92	8	0	0	0	0
(7,3)	0	0	0	82	6	0	0	0	0
(7,4)	0	0	0	77	7	0	0	0	0
(7,5)	0	0	0	89	8	0	0	0	0

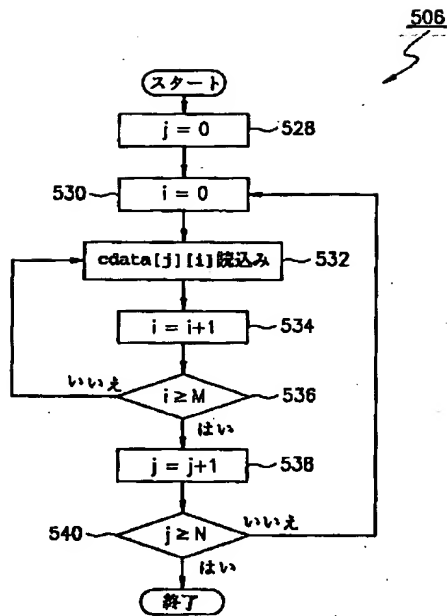
【図28】



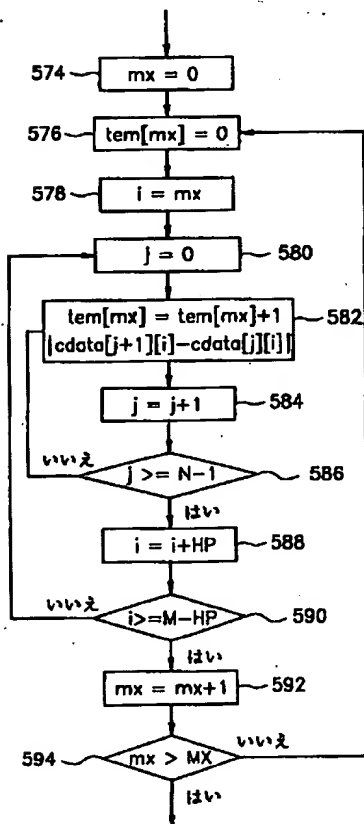
【図33】



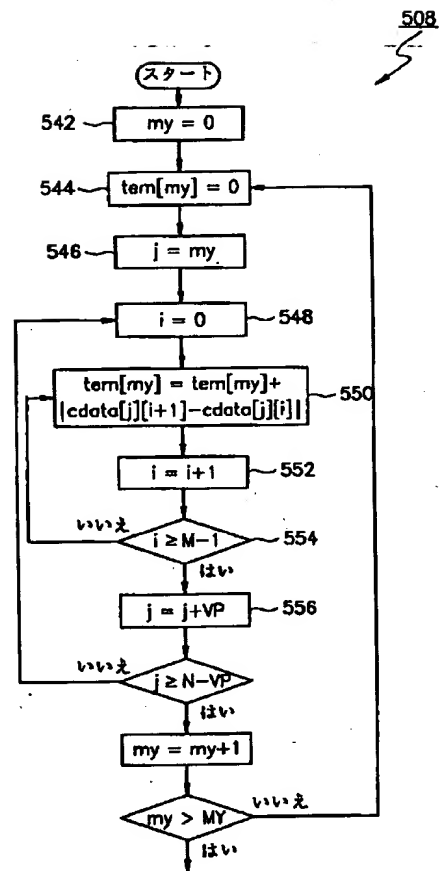
【図29】



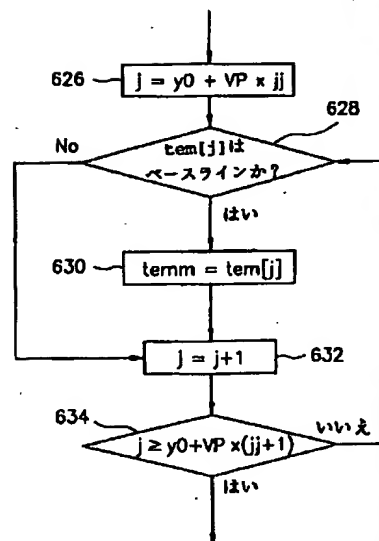
【図32】



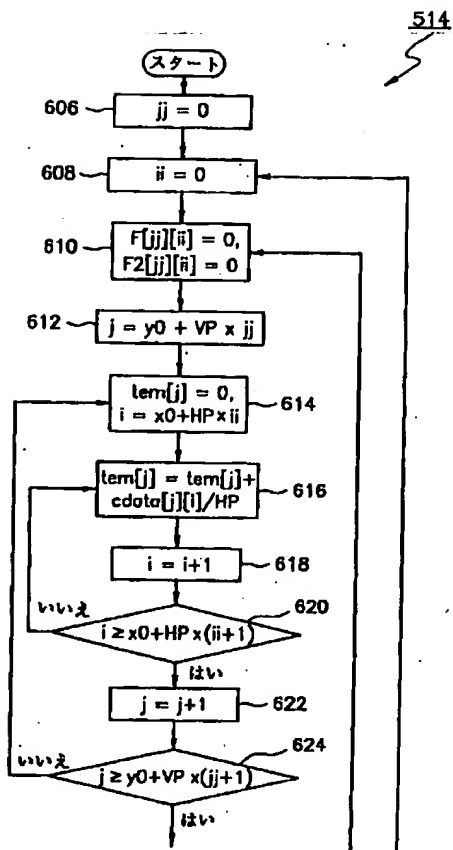
【図30】



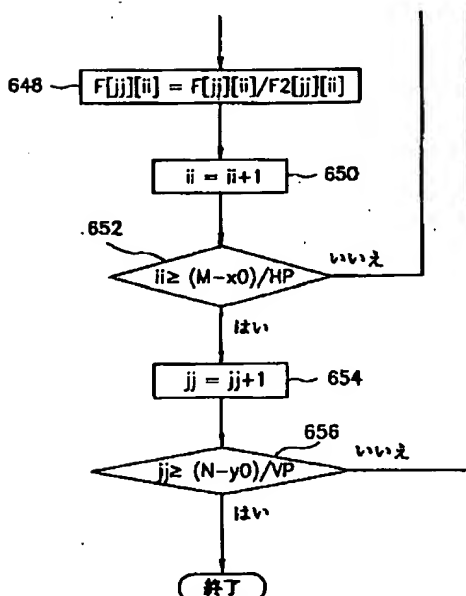
【図35】



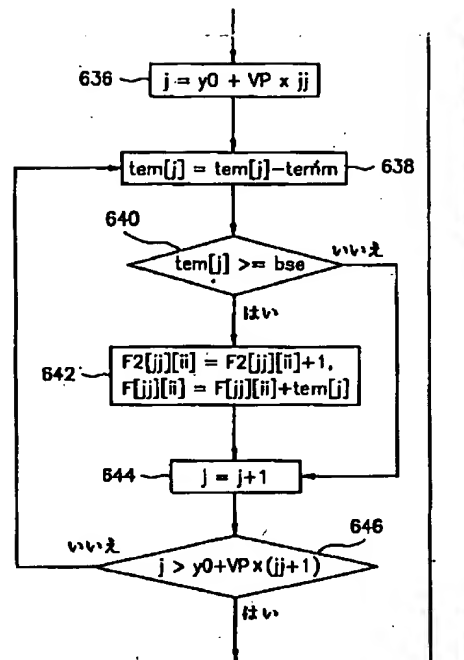
【図 34】



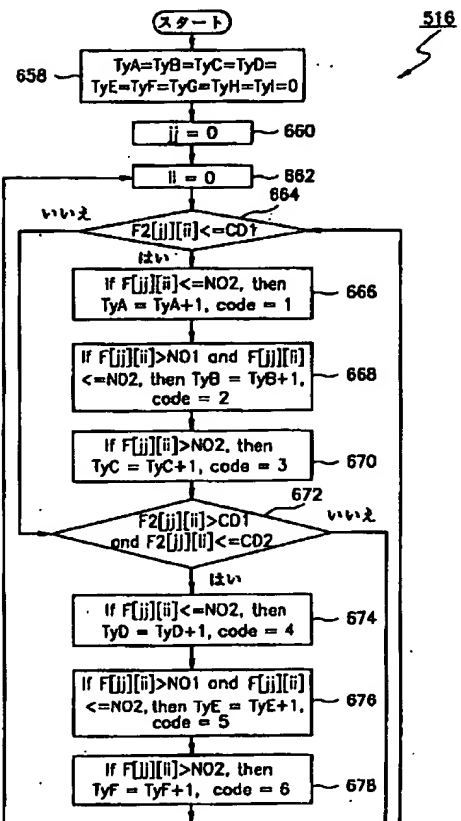
【図 37】



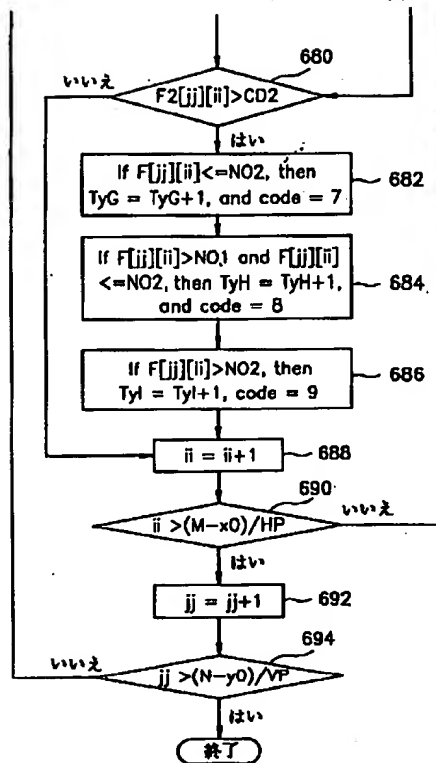
【図 36】



【図 38】



【図39】



フロントページの続き

(72) 発明者 全 相文  
 大韓民国京畿道城南市盆唐区九美洞LGア  
 パート205-1802号

(72) 発明者 崔 相奉  
 大韓民国京畿道水原市八達区梅灘洞810-  
 3番地三星1次アパート6-1409号